

Phyt. 40
175
y

Thyrt.

4^o

Keller

175²
=

c

Ueber Erscheinungen

des

normalen Haarverlustes an Vegetationsorganen der Gefäßpflanzen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

von der

philosophischen Facultät der Königl. Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin

genehmigt

und nebst den beigefügten Thesen öffentlich zu vertheidigen

am 19. December 1890 Vormittags 12 Uhr

von

Robert Keller

aus Rheinpreussen.

Opponenten:

Herr Dr. phil. **F. Simon**,
Herr Dr. med. **W. Hübener**,
Herr Dd. phil. **A. Pfeiffer**.

Separat-Abdruck aus: Nova Acta der Kaiserl. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. LV.

Halle.

1890.

Druck von E. Blochmann & Sohn in Dresden.

Ueber Erscheinungen

normalen Haarverlustes an Vegetationsorganen

der Gefäßpflanzen.

Thomomys-Dissertation

Erhaltung der Pflanzwelt

Abgehandelt in Uebung der Königl. Preuss. Thierärztlichen Hochschule zu Berlin

von Dr. med. et phil. Hermann Thierfelder

Berlin, den 1. März 1884.



Dr. med. et phil.

Hermann Thierfelder

Abgehandelt in Uebung der Königl. Preuss. Thierärztlichen Hochschule zu Berlin

von Dr. med. et phil. Hermann Thierfelder

Druck und Verlagsanstalt von J. Neumann, Neudamm, bei Berlin

Preis 1 Mk.

1884

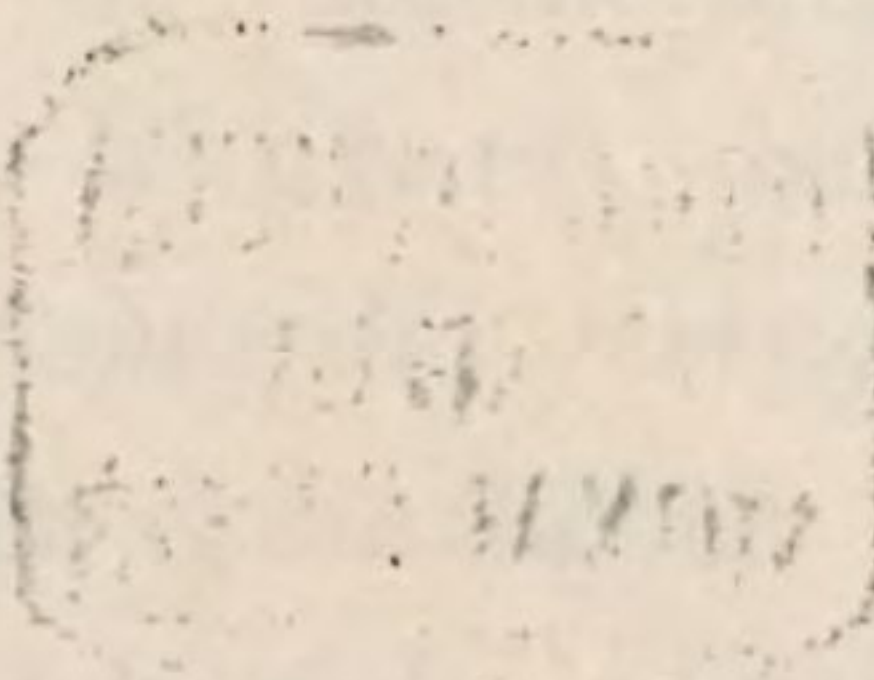
Verlag von J. Neumann, Neudamm, bei Berlin

Zwei unvergesslichen Dahingegangenen,

Vater und Onkel,

in treuem Gedächtniss

gewidmet



vom Verfasser.

Einleitung.

Dass eine Reihe von Pflanzen an einzelnen Organen unter normalen Verhältnissen kahl wird, hat im allgemeinsten physiologischen Sinne in der ausgedehnten Litteratur über Pflanzenhaare häufig genug Berücksichtigung gefunden. Man benutzte diese Thatsache in der Frage nach den Functionen der Behaarung, ohne ihr weiter nachzugehen. In der ausführlichen Arbeit von Weiss¹⁾ findet sich bei der Citirung zahlreicher älterer Autoren, bereits bei Grew und Malpighi, die in Rede stehende Erscheinung erwähnt, und Weiss selbst bemerkt hier und da in seiner Beschreibung der Haarformen, dass diese oder jene Zelle verloren gehe. Mit einer gewissen Verallgemeinerung constatirt er dies Verhalten für „die obere, lange Zelle von zweispitzigen, T-förmigen“, sowie die Endzelle von sternförmigen Haaren. Der nächste Untersucher von „Trichomgebilden“, Rauter²⁾, beschreibt den Haarabfall für *Correa virens* und *rufa* und für *Shepherdia ferruginea*, jedoch nur beiläufig. Nach einer auch nur einigermaassen gründlichen anatomischen Prüfung des Haarverlustes, welche erst eine erfolgreiche physiologische Verwendung desselben ermöglichen würde, sucht man vergeblich. Eine solche bringt uns auch nicht eine in neuester Zeit erschienene Arbeit von Kärner³⁾, welche den Titel führt: „Ueber den Abbruch und Abfall pflanzlicher Behaarung und den Nachweis von Kieselsäure in Pflanzenhaaren“. Ihre Resultate sind nicht eigentlich anatomischer Natur, und Befunde mikroskopischer Untersuchung

¹⁾ A. Weiss. Die Pflanzenhaare, in Karstens Bot. Untersuchungen 1867.

²⁾ J. Rauter. Zur Entwicklung einiger Trichomgebilde. Denkschrift der K. Akademie zu Wien. Bd. 31. 1871.

³⁾ Nova Acta der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Akademie. Bd. LIV.

beispielsweise sind in ihr nicht angegeben. Dagegen hat eine grosse Zahl von Gesichtspunkten zur Erklärung des Haarverlustes darin eine Stelle gefunden, sind alle nur denkbaren Veranlassungen desselben in Erwägung gezogen worden. Dabei aber behandelt Kärner gleicher Weise und durch einander allerlei Enthaarungsvorgänge heterogener Art. Wenn nach der Versetzung von Pflanzen aus einem feuchten an einen trockenen Standort und umgekehrt die Bekleidung schwindet, wenn an verdorrtem und vertrocknetem Laube leicht die spröden Härchen abbrechen, und wenn bei Urticeen und anderen die Spitzen der Brennhaare in der Haut von Menschen und Thieren bleiben, so werden diese theils anormalen, theils vereinzelter Erscheinungen unter derselben Kategorie und nach denselben Gesichtspunkten abgehandelt wie diejenigen, welche ich mit dem Ausdrucke „normaler Haarverlust“ bezeichne, wo bestimmte Theile unter normalen Lebensbedingungen ihre Haarbedeckung in toto verlieren. So zielen auch die angestellten Betrachtungen nicht auf die Frage hin, wie die Abfallvorgänge aus dem Wesen und den Lebensäusserungen der betreffenden Pflanzen zu verstehen seien, sondern auf diejenige nach der Bedeutung, welche ein Haarwurf mit Rücksicht auf seine Schädlichkeit für den Menschen gewinnen kann. Dieser Eigenart der Kärnerschen Arbeit verdanke ich es, dass, obgleich sie mir erst kurz vor dem Abschlusse des Vorliegenden zu Gesicht gekommen ist, sie mich doch nicht zu grösseren Aenderungen veranlasst hat. Im allgemeinen Theile werde ich einige Male auf sie zurück-zukommen haben.

Die anatomisch-physiologische Betrachtungsweise, welche mich bei der Untersuchung geleitet hat, brachte eine Beschränkung der zu wählenden Objecte mit sich. Wo erst an vertrockneten Organen Haarwurf eintritt, hat er auf die Function derselben und für das Gedeihen der Pflanze keinen Einfluss und ist physiologisch bedeutungslos. Ein ferner liegendes Interesse bietet der Haarschwund in Folge pathologischer Ursachen, darum bleibt derselbe ebenfalls von mir unberücksichtigt, indem ich zugleich hierher auch die erwähnten Erscheinungen an Pflanzen, welche künstlich an unnatürliche Standorte versetzt worden, rechnen möchte.

Eine weitere Begrenzung erfährt mein Thema dadurch, dass ich die Reproductionsorgane von der Behandlung ausschliesse. Ihre Behaarung scheint mir so sehr speciellen Aufgaben im Fortpflanzungsgeschäft angepasst zu sein,

dass zu einer Würdigung ihres Abfalles in jedem Falle ein eigenes Studium der Verbreitungs- und Vermehrungsweise gehören würde, vorausgesetzt, dass man nicht vage Speculationen auf vagen Grundlagen aufbauen will. Die Einheit der Gesichtspunkte würde leicht gestört, die Untersuchung ausserdem zersplittert werden. So hat sich die Wahl der Objecte, dem Wortlaut des Themas entsprechend, nur auf diejenigen zu erstrecken, die an Vegetationsorganen ihre Behaarung in grösserem Umfange unter normalen Verhältnissen verlieren.

Da eine die Pflanzen mit Haarverlust registrirende Litteratur offenbar fehlt, die Angabe der Floren aber in diesem Punkte unvollständig, theilweise ungenau sind, so hat bei der Auswahl meines Materials der Zufall eine ziemliche Rolle spielen müssen. Er hat mir viel Brauchbares in den Weg geführt, aber vielleicht auch manchen recht eclatanten Fall verborgen. Den Hinweis auf mehrere Pflanzen verdanke ich der Liebenswürdigkeit der Herren Professoren DDr. Schwendener und Engler, andere fand ich in Schriften mehr oder weniger gelegentlich angegeben, den grössten Theil jedoch habe ich, indem ich eine Anzahl freiwachsender und Treibhauspflanzen durchmusterte, zusammengesucht. Dabei war es mein Bestreben, aus möglichst vielen Verwandtschaftskreisen Vertreter zu erhalten. Immer aber bin ich mir der naturgemässen Lückenhaftigkeit des Materials bewusst. Bei der Bearbeitung fiel mein Hauptaugenmerk erklärlicher Weise auf die Beschaffenheit und Stärke der Zellwände. Angaben über Plasmavertheilung, Inhaltskörper etc., welche für andere Fragen leichtlich interessant sein können, habe ich durchweg nicht gemacht. Die Methode der Beobachtung war folgende. Nachdem über den Bau der Haare völlige Klarheit erlangt worden, wozu das Studium ihrer Entwicklung unerlässlich ist, wurde die Prüfung an Querschnitten der betreffenden Organe in verschiedenen Stadien vorgenommen. Flächenansichten vervollständigten jedesmal das Bild, doch habe ich sie nur selten in Text oder Figuren zum Ausdrucke gebracht. Sehr instructiv war in vielen Fällen die Untersuchung der abfallenden Theile für sich. Ich streifte dieselben mit einem weichen Pinsel sanft ab und glaube so naturgemässer zu Werke gegangen zu sein, als es durch Ausreissen eines Haarbüschels mit der Pincette geschehen kann, ein Verfahren, mit dem Schleiden bei *Nuphar*, wie wir sehen werden, die sonderbarsten Resultate erlangt hat. Verkorkung habe ich

durch concentrirte Schwefelsäure, sowie durch Chlorzinkjod constatirt, nachdem ich die Ueberzeugung gewonnen, dass gegenüber der Combination dieser Reagentien andere, umständlichere bei Epidermiselementen entbehrlich sind. Die Bezeichnungen, welche ich im Folgenden angewandt habe, bedürfen einer Erklärung, da ich sie zum Theil schärfer fassen möchte als frühere Beobachter von Pflanzenhaaren. Seit Weiss¹⁾ den Nachweis geliefert hat, „dass alle Haarformen, die einfachsten wie die zusammengesetztesten, aus einer einzigen Oberhautzelle entstehen“, erfordert es die wissenschaftliche Consequenz, zum „Haar“ alles Das zu rechnen, dessen Ursprung sich aus der betreffenden Protodermzelle herleitet. Ich habe dies in allen Fällen gethan, in denen das mikroskopische Bild später noch die genetische Zusammengehörigkeit erkennen liess. Oftmals dagegen erfährt nach Abtrennung des eigentlichen Haarkörpers von einem epidermalen Theile dieser letztere eine weitere Veränderung, macht secundäre Theilungen der Epidermis mit oder erleidet Verschiebungen durch weiteres Wachsthum. In diesen Fällen habe ich das Haar als morphologisch Zusammengehöriges angesehen und von den epidermalen Abschnitten in der Bezeichnung geschieden. Ich zähle die Pflanzen, bei denen dies geschehen ist, auf: *Ficus pertusa* und *australis*, *Thibaudia acuminata*, *Begonia incana*, sowie alle untersuchten Compositen und Pittosporeen. Bei *Medinilla* und *Nuphar* ergibt sich die Bezeichnung aus dem Texte.

„Fuss“ ist mir überall der Theil des Haares, welcher unter der Oberfläche des Organes liegt, „Haarkörper“ derjenige, welcher sich darüber erhebt und „Insertion“ die Grenze zwischen Fuss und Körper. Von „Endzellen“ spreche ich da, wo bei ein- oder mehrreihigen Trichomen bezüglich eine oder mehrere nach Aussen abschliessende Zellen sich durch besondere Gestaltung auszeichnen, von ihnen unterscheide ich die „Basalzellen“, welche, soweit sie die Oberhaut überragen, den „Stiel“ bilden. Durch correcten Gebrauch dieser Benennungen lässt sich das unabweisliche Beschreiben kürzer und klarer gestalten.

Von rein anatomischen Gesichtspunkten gewährt es ein mehr als oberflächliches Interesse und trägt mit zur Geschlossenheit der Anschauung bei, den Abfall einer Emergenz kennen zu lernen, wie ihn Strasburger²⁾ er-

¹⁾ l. c. p. 620.

²⁾ Botanisches Practicum. Jena 1887, S. 103.

wähnt: den des Stachels von Rosa-Arten. An ihm zeigt sich nämlich nach diesem Autor ein dem herbstlichen Blatabwurfe unserer Bäume durchaus analoges Verhalten, unterschieden nur dadurch, dass bei dem Fehlen von Gefässen die Bildung von Wundgummi unterbleibt. Eine abschliessende, in der Höhe der Stengeloberhaut durch phellogene Neubildung entstandene Korkzellenschicht, „nächst deren Aussenfläche, durch Vermittelung einer Trennungsschicht, an älteren Stengeltheilen die Ablösung des Stachels erfolgt“, dies ist das Wesentliche der hier beobachteten Einrichtung.

Specieller Theil.

Chrysodium crinitum Mett.

Fig. 1.

An dieser den Antillen angehörenden Farnspecies finden sich neben kleinen, einzellreihigen, unverzweigten oder dichotomisch gegabelten und in einer Drüsenzelle endigenden Haaren andere, weit stärkere, bis 1 cm lange, schwarz erscheinende Trichome, deren in eine lange Spitze auslaufender Zellkörper dicht über der Insertion zu einer luftgefüllten Blase aufgetrieben ist. Dieselbe, stellenweise mit Auswüchsen, welche obigen Drüsenhaaren gleich gebildet sind, verschmälert sich ziemlich plötzlich zu dem wenigzelligen, in einer Einsenkung der Oberhaut steckenden Fusse hin. Der Abbruch des Haares erfolgt, und zwar nur auf Berührung hin, an seiner schwächsten Stelle, dicht über dem Fusse, durch Zerreißen des hier befindlichen, vergleichsweise zartwandigen Gewebes. Die Wände des Haarfusses sind unregelmässig verdickt, im Gegensatze zu den stark gebräunten des Haarkörpers farblos und werden durch ein dünnes Korkhäutchen, eine Fortsetzung der Cuticula, von dem Gewebe des Blattes oder Blattstieles abgegrenzt. Die angedeuteten kleineren Drüsenhaare sind nicht abfällig.

Acrostichum viscosum.

Fig. 2.

Dasselbe hat flache, gebräunte, auf der Epidermis ausgebreitete Schuppen, deren der Mehrzahl nach spitz auswachsende Randzellen ihnen ein sternförmiges Aussehen verleihen und hier und da wohl ein einzelliges Drüsenköpfchen abzweigen. Die Schuppe entspringt einem Fusse derselben Beschaffenheit wie bei voriger Pflanze, mit der auch der Abbruchsvorgang übereinstimmend ist. Hier wie dort keine scharfe Grenze, sondern in unregelmässiger Weise collabirende und der Zerstörung durch Pilze anheimfallende Gewebeüberreste.

Lomaria Gibba.

Fig. 3.

Abweichend von den beschriebenen Haarformen ist die hier auftretende hauptsächlich dadurch, dass keine Einsenkung der Oberhaut vorhanden ist und dass Schuppe und Blattstielgewebe ohne Grenze in einander übergehen. Die subepidermalen Schichten nehmen an der Bildung der Basis insofern Theil, als sie das protodermal entstandene Trichom durch Bildung eines Zellhügels emporheben. Die eigentliche Schuppe ist flach, einschichtig, zugespitzt, dunkelbraun und starkwandig, die Basis breit, farblos, mit schwachen Membranen. Allmählich macht sich in ungefährer Höhe der Epidermis eine schwache Verkorkung des Basisgewebes bemerkbar, jedoch ohne phellogenen Charakter, wie bei *Rosa*, indem Neubildungen unterbleiben. An ihrer Aussenseite, wo dünnwandige, unverkorkte Zellen dem Abbruche durch mechanische Einwirkung wenig Widerstand entgegensetzen, erfolgt die Loslösung ohne eine activ wirkende Trennungsschicht. Das Rudiment erhält stärkere Verkorkung.

Correa Backhousiana Hook.

Der Bau der Trichome dieser Correa-Art entspricht ganz dem von Rauter¹⁾ für *C. virens* und *C. rufa* beschriebenen, und was er über den Abfall derselben bemerkt, trifft ebenfalls zu. Auch hier behält die Unterseite ihre Behaarung, die Oberseite verliert sie frühzeitig, auch hier gehen nur die zu einem Büschel gedrängten Endzellen gemeinsam verloren, während der Stiel erhalten bleibt. Ich habe hinzuzufügen, dass der letztere in fast seiner ganzen Ausdehnung verkorkt ist, die Endzellen nur von einer zarten Cuticula umgeben werden, und dass der Abfall ohne mechanischen Einfluss von Aussen erfolgt, nachdem der Inhalt der Endzellen durch Luft ersetzt ist.

Elaeagnus umbellata und Elaeagnus angustifolia L.

Fig. 4.

Die Haare beider Elaeagnus-Species stimmen unter sich genau überein und schliessen sich eng an die der Correen an. Ein verkorkter Stiel trägt ein Büschel von unverkorkten, aber schon frühe stark verdickten Endzellen,

¹⁾ a. a. O.

welche an ihren Berührungswänden reichlich von Poren durchsetzt sind. Gegen den Rand der Blätter hin geht diese Büschelform allmählich in eine sternähnliche Schuppenform über, wie sie Rauter¹⁾ für die verwandte *Shepherdia ferruginea* beschreibt: Die nach allen Richtungen strahlenden Endzellen stellen sich mehr in eine der Hautfläche parallele Ebene und bleiben in grösserem Umfange im Zusammenhange mit einander. Die Ablösung des Endbüschels wie bei *Correa*, der Stiel mit scharfer Grenze erhalten.

Quercus Ilex L.

Fig. 5a, b.

Hier interessieren uns nur die büschelförmigen, Ober- wie Unterseite der Blätter und die Blattstiele dicht bedeckenden Haare, deren Bau von den vorhergehenden insofern abweicht, als der nur wenig über die Epidermis erhabene Stiel eine Vertiefung in seiner Mitte besitzt, in welche die Endzellen mit basalen Fortsätzen hineinragen. Die starken Wände der zum Endzellbüschel hin radial convergirenden Basalzellen erweisen sich als verkorkt, die umfangreichen Verdickungsschichten jenes sind unverkorkt. Die Ablösung geht an der Grenzstelle beider glatt vor sich, nur bleiben kleine Zipfelchen zurück, welche der zarten, die Endzellen umgebenden Cuticularlamelle angehören. Die Unterseite des Blattes bleibt von dem Haarabfall verschont, auf der zu jener hin umgebogenen Oberseite tritt der Vorgang ein, wenn die mattfarbigen Blätter nahezu die definitive Grösse erlangt haben, Hand in Hand gehend mit der Erstarkung der Epidermis. Nach erfolgtem Abwurfe wird die Oberseite glänzend und dunkelgrün.

Das analoge Verhalten constatirte ich im Grossen und Ganzen bei der nahe verwandten *Quercus pubescens* Willd., jedoch ohne alle Einzelheiten des Genaueren untersucht zu haben.

Vitis Thunbergii Eckl. u. Zey.

Fig. 6a, b.

Die Form der Haare, und ähnlich die Art des Haarverlustes, fügt sich den zuletzt behandelten insofern an, als auch hier eine mehrzellige Basis

¹⁾ a. a. O.

erscheint, der ein als solcher charakterisirter Endtheil aufsitzt. Hier ist der letztere eine einzige, lang gestreckte, der Oberhaut anliegende, zu ihr hin flachgedrückte und die Ansatzstelle in ihrer Mitte tragende Zelle, die Basis besteht aus zwei Stockwerken von je 4—6 Zellen, welche, entsprechend zum Kreise geordnet, mit ihren Wänden, von oben betrachtet, ein radförmiges Aussehen gewinnen. (Siehe Fig. 6 b.) Derartige Haare, aus der Protodermzelle durch Abschnürung der Endzelle und nachherige successive Längs- und Querteilungen des basalen Abschnittes hervorgegangen, bedecken die jungen Blätter reichlich. Sie beginnen ihre collabirte und luftführende Endzelle erst abzuwerfen, wenn der mittlere Abschnitt des handförmig getheilten Blattes die Durchschnittsgrösse von $3\frac{1}{2}$ cm erlangt hat. Im Verlaufe des weiteren Wachstums der Oberhaut erleidet die Basis, deren Wände, wie theilweise die der Nachbarzellen, cutisirt sind, eine Zerrung, so dass ihr regelmässiger Bau und der Eindruck ihres gemeinsamen Ursprungs verloren geht.

***Medinilla farinosa* hort.**

Fig. 7 a, b.

Ein interessantes Vorkommen von Uebergangsformen liegt bei den Haaren von *Medinilla farinosa* insofern vor, als sie bei derselben Grundform theils mehrreihige, theils einreihige Basis besitzen, und zwar ist dieses Verhalten verschieden je nach der Stellung auf Ober- oder Unterseite des Blattes. Der Endkörper ist bei beiden gleichmässig, der Fig. 7 a entsprechend, aus einem Complex von dünnwandigen, mit porösen Membranen an einander stossenden Zellen gebildet, die an ihrer Aussenseite sämmtlich zu einem spitzen Schlauche auswachsen, vereinzelt auch wohl auf einreihigem Aste eine drüsige Köpfchenzelle tragen. Gleichartige Drüsenhaare kommen hier und da auf der Unterseite des Blattes selbstständig vor. Die untersten Strahlen jenes, einem Morgenstern nicht unähnlichen Gebildes legen sich der Oberhaut an, die oberen divergiren nach verschiedenen Richtungen des Raumes. Dieser Körper sitzt auf einer Basis, welche blattoberseits einreihig ist und von der eigentlichen Epidermis abgrenzbar, bis zu deren innerster grosszelliger Schicht reicht. Sie besteht aus 4—6 flachen Zellen. Die oberste derselben erscheint von den übrigen durch eine halsartige Verengung abgeschnürt und möchte dem Gesamteindrucke nach zum Endkörper zu rechnen sein. Nur die anderen

Basalzellen sind mit Ausschluss der innersten Wand cutinisirt, besonders nimmt die an der Einschnürungsstelle befindliche Wand an Stärke und Verkorkung zu, rundet sich ab und wird, da hier die Ablösung des Endtheiles erfolgt, zur Aussenwand des Rudiments. Dasselbe hat, von der Fläche gesehen, das Aussehen von Fig. 7b. Der Haarfall geht vor sich, wenn das Blatt eine beträchtliche Grösse (von ungefähr 5 cm) erreicht hat; dann lassen sich die Flöckchen mehlartig durch Anblasen oder durch Erschütterung abstäuben. Auf der Unterseite des Blattes ist die Basis meist zwei- oder mehrreihig und ohne jede Einschnürung. Die Haare fallen hier nicht ab.

An einer der *Medinilla* verwandten amerikanischen Pflanze, der *Tococa cinnamomea* Hook fil., konnte ich einen nach Zeit und äusserer Erscheinung analogen Haarverlust nur makroskopisch constatiren.

***Acacia suaveolens* W.**

Fig. 8 a, b.

***Acacia longifolia* W.**

Fig. 8 c.

Die Phyllodien von *Acacia suaveolens*, *longifolia* und verwandten Arten zeigen im Abfall ihrer Trichome ein sehr bemerkenswerthes und von dem aller anderen untersuchten Pflanzen unterschiedenes Verhalten. Strasburger¹⁾ deutet dasselbe bei der Beschreibung der Anatomie der Phyllodien mit folgenden Worten (für *A. longifolia*) an: „Stellenweise ist auch die äussere Palissadenschicht unterbrochen durch ein kleinzelliges Gewebe, dessen Scheidewände concentrisch um einen an der Epidermis gelegenen Punkt gruppiert sind. Dieser Punkt entspricht der Basis des schon erwähnten abgestorbenen, meist völlig abgeworfenen Haares. Die concentrischen Schichten flacher Zellen haben die Aufgabe, diese abgestorbene Stelle abzuschliessen und sind dem entsprechend verkorkt.“ Ich nahm auch jüngere Phyllodiumstadien zur Untersuchung und fand ihre Bekleidung aus zwei Haarformen bestehend, welche Fig. 8 a veranschaulicht, nämlich erstens einzelligen, angedrückten, mit Knötchen besetzten Trichomen, welche ihren eingesenkt erscheinenden Fuss frühzeitig verdicken, und zweitens Drüsenhaaren mit vielzelligem Köpfchen

¹⁾ a. a. O. S. 223.

und einzelligem, ebenfalls eingelassenen Fusse. Bei beiden Formen ist der eingesenkte Theil mit einer verkorkten Lamelle umkleidet, während eine schwache Cuticula die Aussenfläche des Haares überzieht. Bei den Drüsenhaaren sind auch die Scheidewände mit einer Korklamelle versehen, welche an der basalen Scheidewand besonders stark ist. An Phyllodien, welche die Grösse von 6—7 mm erlangt haben, treten die ersten Wände des Verschlussgewebes auf, und zwar zunächst in den unter dem Haare gelegenen, noch kaum gestreckten Palissadenzellen, welche ihr Chlorophyll verlieren, und fast gleichzeitig damit in den benachbarten Epidermiszellen. Bald folgen hier wie dort mehr Wände, concentrisch um die Haarinserction gruppiert. Sie erweisen sich, wie auch die ersten, gleich nach ihrem Entstehen als verkorkt. Mittlerweile sind die Wände der einzelligen Haare stärker verdickt und die Drüsenhaare zusammengeschrumpft; beide sind an etwas älteren, ca. 2 cm langen Phyllodien mit unbestimmter Grenze, doch so abgeworfen, dass in dem einen Falle die Basalzelle, im anderen der durch Verdickung gefüllte Fuss übrig bleibt. Das Verschlussgewebe gewinnt später an Mächtigkeit, ich habe bis zwölf Schichten gezählt, und reicht an die zweite Palissadenschicht oder die Bastbelege der Gefässbündel. Wo zwei Haare nahe neben einander gestanden, gehen die Verschlussgewebe beider in einander über.

Da es auffallend erscheinen muss, eine so umfangreiche Gewebe-Umwandlung und -Neubildung zum Verschluss der Bruchfläche eintreten zu sehen, möchte ich die Beobachtung nicht unerwähnt lassen, dass auch an Stellen, wo kein Haar gesessen hat, ausnahmsweise, vielleicht zur Abwehr localer schädlicher Einwirkungen, ein gleicher Verschlusswall gebildet wird. Es ist dies natürlich nur in frühen Stadien der Fall, in denen die Gewebe noch wenig differencirt und die Epidermis-Aussenwandungen noch vergleichsweise schwach sind. Mit Sicherheit festgestellt habe ich es an bis 4 mm grossen Phyllodialanlagen, also bevor noch die Haare ihren Verschluss erhalten.

***Ficus pertusa* L. fil.**

Ficus australis.

Fig. 9a, b.

Indem ich *Ficus*-Arten, welche in ihrer Erscheinung der *F. elastica* nahe stehen, auf den Schwund ihrer Haare untersuchte, drängten sich mir

einige Thatsachen auf, welche, von allen sonst gemachten Beobachtungen abweichend, unter einander grosse Uebereinstimmung zeigen. Von den beiden vorgefundenen Haarformen, kürzeren einzelligen und längeren, aus einer Reihe gleichgearteter Zellen bestehenden, betrachte ich hier, einer gewissen Ordnung meiner Darstellung gemäss, nur die letzteren, um auf jene dann später zurückzukommen. Da die Haare zu einer Zeit entstehen, in welcher die Oberhaut noch einschichtig ist und die basale Zelle dann Theil nimmt an den Zelltheilungen, welche die Epidermis zu einer mehrschichtigen machen, so lässt sich das Haar nicht bis auf das Assimilationsgewebe verfolgen. Vielmehr können wir hier die genetisch den äusseren Schichten der Epidermis gleichwerthige, über das Niveau der letzteren hinausgehende und auch nach Innen weiter reichende Zelle des Haares als unterste betrachten. Dieselbe wird, und das ist das Unerwartete, durch Verengung ihres Lumens in der Höhe der Hautfläche, durch hier eintretende Wandverdickung bis zum Schwinden des Lumens in ein unteres und ein oberes Glied getrennt. Dieses letztere unterscheidet sich von den anderen Zellen des Haares nur durch etwas stärkere und cutisirte Membran. Die Form der Glieder ist übrigens eine sehr wechselnde, das Verhältniss ihrer Länge zur Breite variirt von 7:1 bis 1:1.

In jugendlichem Zustande, noch bei einer Länge der Blätter von etwa 2 cm, fand ich die meisten Glieder der Haare von einem stark lichtbrechenden Körper erfüllt, den auch zahlreiche Mesophyllzellen, sowie mit grosser Regelmässigkeit die Parenchymscheiden der Gefässbündelverzweigungen, von den Epidermiszellen nur die der äusseren Schicht reichlicher, führten. Die Reactionen erwiesen diese Substanz als Gerbsäure. In späteren Stadien sind die oberen Glieder des Haares mehr oder weniger abgestorben und zusammengefallen, ihr Gerbstoffgehalt zum Theil verschwunden. Sie gehen theils durch Abbruch an unbestimmter Stelle, theils durch Desorganisation verloren. Von diesem destructiven Processe, der eingeleitet wird durch die (unechte) Theilung der Haarbasis vermittelt der verschmelzenden cuticularisirten Wandverdickungen, bleibt der obere Theil der ersteren verschont, den man stets an älteren Blättern als Rudiment vorfindet.

Anmerkung. Eine weitere auffallende Erscheinung, deren Feststellung ich viel Zeit gewidmet habe, ist die, dass im Verlaufe der Seitennerven die Schichten des Assimilationsgewebes durch chlorophyllfreie, dünn-

wandige Zellenzüge unterbrochen sind, welche als Verbindungen der Parenchym-scheiden der Bündelverzweigungen mit der Epidermis erscheinen und wohl die directe Leitung des Wassers vom Gefässbündel nach dem Oberhautlager, dem Organ der Wasserspeicherung, besorgen möchten. Eine mechanische Deutung scheint mir nicht angängig, da die Wandungen, selbst im ausgebildeten Zustande der Blätter, keine nennenswerthe Stärke besitzen. Fast ausschliesslich diesen farblosen Zellenzügen folgen oberseits die Haare. Später werde ich Anlass haben, diese Erscheinung zu recapituliren.

Nuphar luteum Smith.

Fig. 10.

Nuphar advena Ait.

Fig. 11.

Nymphaea tuberosa.

Die einzigen submersen Pflanzen, welche mir als Objecte meiner Frage begegnet sind, sind die Nymphaeaceen; ich untersuchte von ihnen die drei genannten. Die Stiele und Unterseiten ihrer Blätter zeigen in der Jugend in grosser Zahl die Haare, welche Schleiden¹⁾ (für *Nuphar luteum*) als „in Grübchen befestigt“ beschreibt. Da er deren Ausfall aus dieser Einsenkung mit daranhängenden wurzelartigen Fasern beobachtet zu haben glaubt und dies Verhalten durch einige Figuren erläutert, welche sich mit meinen anderweit gewonnenen Erfahrungen nicht vereinbaren liessen, nahm ich diese Verhältnisse in genaueren Augenschein und kam bald zu sehr abweichenden Resultaten. Das Haar, wie es als solches in Erscheinung tritt, wobei ich die auf Fig. 10 mit a bezeichnete Zelle, die als innerer Abschnitt der ursprünglichen Protodermzelle genetisch zum Haare zu rechnen sein würde, nach ihrer Ausbildung von demselben trennen möchte, besteht aus einer wechselnden Zahl von Gliedern, deren Länge nach der Spitze hin zunimmt. Die beiden untersten flachen Zellen bilden mit der folgenden inhaltreichsten und fast isodiametrischen den basalen Theil des Trichoms, sie haben in ihren Wandungen ringsum verlaufende Verkorkungsschichten, welche, wie Fig. 11 angiebt, mit

¹⁾ Schleiden. Beiträge zur Botanik I. Ueber die Grübchen in der Epidermis einiger Blätter.

der Korkhaut der Epidermis in Zusammenhang stehen. Es kann so durch das verschiedene Lichtbrechungsvermögen in den scharf gesonderten verkorkten und cutinfreien Partien der Membranen bei unzureichender Vergrößerung die Schleiden'sche Vorstellung zu Stande kommen, als sei das Trichom in ein geripptes Grübchen eingepflanzt. Der Abwurf der gestreckteren äusseren Glieder erfolgt durch Abrundung der Zelle 3 und es entsteht eine glatte Trennungsfläche. Manchmal wird bei *N. luteum*, jedoch niemals bei *N. advena*, die Aussenzelle des Rudiments noch nachträglich abgestossen, stets bleiben dann aber die beiden ersten flachen Zellen bestehen. Dies Verhalten ist bei *Nymphaea tuberosa* das regelmässige.

Anmerkung. Alle über die Oberhaut hervorragenden Zellen der Haare führen Oeltröpfchen. Dies steht höchst wahrscheinlich mit der Function dieser Haare, der jungen, sonst gegen Pilze oder Wasserthiere wehrlosen Epidermis Schutz zu gewähren, in Zusammenhang.

Berkleya lanceolata Willd.

Fig. 12.

Die Blätter der südafrikanischen Composite *Berkleya* tragen beiderseits einen Filz aus gleichartigen Haaren, welcher auf der convex umgebogenen Oberseite abfällt, unterseits jedoch von Dauer ist. Vom typischen Baue der zur Wasseraufnahme geeigneten bestehen diese Haare aus einer oder wenigen dünnwandigen Basalzellen und aus mehreren langen, sehr dickwandigen Endzellen. Die letzteren hängen mit schiefen Wänden zusammen, sind stark gewunden und bilden durch Verschlingung einen dichten Knäuel. Oberseits lösen sich die Endzellen, frühzeitig abgestorben und luftgefüllt, indem sie unter einander verbunden bleiben, von der Basis ab, deren Wandung verkorkt und deren Inhalt lebend ist.

Tarchonanthus camphoratus L.

Das Blatt zeigt einen eigenartigen, an älteren Exemplaren schon bei unbewaffnetem Auge auffallenden Bau. Die Oberseite ist den netzförmig anastomosirenden und im Blattinnern niemals frei endigenden Nerven genau entsprechend mit tiefen Rinne versehen und erlangt dadurch ein runzelig-geföldertes Aussehen. Die Unterseite ist an diesen Stellen vorgewölbt. Im

Blattquerschnitte entsteht auf diese Weise ein ganz charakteristisches Bild, indem der Schnitt bald die Einschnitte quer getroffen hat, bald ihrem Laufe folgt. Junge, dicht vor der Aufrollung stehende Blätter, die beiderseits weissfilzig erscheinen, gestatten leicht festzustellen, dass die Haare oberseits nur in den Furchen stehen, wo kein Assimilationsgewebe vorhanden und die sonst sehr dickwandige Epidermis nur schwach ist, unterseits bedecken sie jedoch ausserordentlich dicht die ganze Fläche. Es treten uns nun durch einander gemengt zwei Haarformen entgegen, Drüsenhaare mit zweizelligem Köpfchen und zweireihigem Stiel und einreihige, unverästelte, vielfach durch einander geringelte Filzhaare. Letztere haben den Typus der wasseraufnehmenden Haare, sie entsprechen denen von *Berkleya*, doch ihre viel plumperen Endzellen haben senkrechte, poröse Scheidewände. Das entfaltete Blatt zeigt bald an den Haaren der Oberseite die Eigenschaft der Abfälligkeit. Ein leichtes Ueberstreichen mit einem weichen Pinsel liess zahlreiche Haarspitzen daran haften, die sich in der Mehrzahl unter dem Mikroskop als die stark verdickten und plötzlich oder allmählich zugespitzten, spiralig gefaserten äussersten Zellen erwiesen, in der Regel scharf an der Scheidewand abgebrochen. Oft aber fanden sich auch mehrere der Endzellen gemeinsam abgelöst. Auf einer etwas späteren Stufe waren die Endzellen, soweit sie die Furchen überragten, sämmtlich verloren gegangen, dagegen waren die Wände der Rudimente verdickt und grösstentheils verkorkt, einige der äusseren schwächer geblieben und collabirt. Die etwas eingetrockneten Drüsenhaare bleiben wie die ganze Bekleidung der Unterseite erhalten. Letztere wird allerdings, wie in allen ähnlichen Fällen, durch die Grössenzunahme der Blattfläche beträchtlich lockerer, da nachträgliche Haare nicht entstehen.

Begonia incana.

Der vielschichtigen Epidermis des Blattes sitzen in grosser Menge zu einem Filz verschlungene Haare auf; ein einreihig mehrzelliger Stiel trägt einen lang gewundenen, fadenförmigen Endtheil, welcher aus zwei neben einander herlaufenden Zellreihen mit meist schrägen Seitenwänden besteht. Seine Wandungen sind nicht verdickt, und sein wässriger Inhalt geht nicht verloren, bevor er sich von der Basis ablöst; dieselbe persistirt mit ver-

korkten, aber schwachen, und darum meistentheils eingefallenen Wänden. Dazwischen stehen zerstreut bleibende Drüsenhaare.

Platanus orientalis L.

Fig. 14 a, b, c.

Die schon in kleinen Winterknospen sehr ausgebildeten Haare haben eine beträchtliche Grösse und sind zum Theil verzweigt. Die 1—2 unteren Zellen sind Anfangs dünnwandig und nicht oder wenig länger als breit, die äusseren Zellen, in verschiedener Anzahl vorhanden, sind sehr in die Länge gestreckt und haben dicke, verholzte Wände; nur an den Scheidewänden befinden sich durchgehends dünnere Stellen, oft porenartig. Kärner¹⁾ sagt von diesen Haaren: „Nobbe u. A. haben bereits darauf aufmerksam gemacht, dass die an den Blättern und jungen Stengeln von *Platanus orientalis* sich findenden 0,25—0,33 mm langen geästelten Haare häufig Augenentzündungen hervorrufen, indem sie in den Augen sich festsetzen, wobei ihre Verästelungen als Widerhaken wirken.“ Die Ablösung des Haares mit Zurücklassung einer der Oberhaut aufsitzenden Zelle als Rudiment konnte ich an einigen Präparaten in auf einander folgenden Zuständen sehr schön verfolgen. Die hier zusammenstossenden Wände rundeten sich gegen einander ab, wobei die Cuticula gedehnt wurde, bis sie riss, und sowohl am bleibenden als am sich ablösenden Theile ein zipfelförmig erscheinender Fetzen übrig blieb. Ob die Abrundung durch den Turgor der Zellen, ob durch Wachsthum der Membranen verursacht worden, dafür liess sich aus dem Bilde kein Anhalt gewinnen. Die abfallenden Zellen haben noch ihren wässerigen Inhalt und Plasmaschlauch. Fig. 14c soll die Ansicht nach erfolgter Ablösung veranschaulichen.

Marsilea elata A. Br.

Fig. 13.

Die Blattstiel und beide Blattseiten von *Marsilea elata* bedeckenden Haare haben eine beträchtliche Grösse und bestehen aus einer Basis von zwei Zellen und einem den Leitbündeln parallel gerichteten, eine Reihe von drei bis mehreren Zellen repräsentirenden Endkörper. Die unterste epidermale

¹⁾ l. c. pag. 252.

Basalzelle ist durch den Druck der Nachbarzellen seitlich eingeschnürt, sie führt reichen körnigen Inhalt und Chlorophyll. Auch die Basalzelle 2 ist inhaltreich und grenzt sich mit schwacher vorgewölbter Aussenwand vom Endkörper ab, und zwar nur undeutlich. Deutlicher jedoch wird diese Abgrenzung durch Safranin, Chlorzinkjod und andere Reagentien. Der Endkörper, dessen erste Zelle blasig aufgetrieben und zur unteren Seite des Organes hin in eine Spitze ausgewachsen ist, zeigt wellig gebogene Wandung, die an der inneren Seite verstärkt, übrigens nicht gerade bedeutend verdickt, an der Anheftungsstelle sogar sehr schwach ist. Plasmaschlauch und wässriger Inhalt schwinden nicht. Die Verkorkung erstreckt sich, abgesehen von dem zarten Cuticula-Ueberzug, welcher sich in die Anheftungswand als dünnes Korkhäutchen fortsetzt, nur auf die Basalzelle 1. Die Ablösung erfolgt hier durch eine Trennung des Endkörpers von der Basis, jedoch, wie mir scheint, nur in Folge äusserer Einwirkung. Ein sehr leichter Strich mit weichem Pinsel genügt, um viele der Endtheile abzustreifen, die sich dann sehr gut untersuchen lassen.

Anmerkung. Das merkwürdige Bild, welches die Querwände des Endkörpers in der Profilansicht darbieten, rührt davon her, dass sie in der Mitte eben, ringsherum aber gewellt sind, so dass ihre Ansatzlinie an den Seitenwänden mäandrinisch gebogen ist. Bei der Einstellung auf den optischen Durchschnitt verursachen die Wellenlinien der höheren und tieferen Einstellung den Anschein, als sei die Wand durchbrochen.

Bakhusia myrtifolia.

Fig. 15 a, b, c.

Mit dieser beginne ich eine Reihe von australischen Myrthengewächsen, deren Haare übereinstimmend durch charakteristische Merkmale gekennzeichnet sind und in ihrer Abwurfsweise unter einander mehr als Aehnlichkeit zeigen. Das Haar von *Bakhusia* erscheint in frühen Entwicklungsstadien als eine zum Schlauche ausgewachsene Protodermzelle, welche durch eine oberhalb der Oberhaut entstehende Scheidewand in eine Basal- und eine Endzelle getheilt wird. Diese zweizellige Natur behält das Haar fernerhin. Während nun die Endzelle bald beträchtliche Celluloseschichten ansetzt, nimmt die

Basalzellwand nur wenig an Stärke zu, zeigt aber frühzeitig eine ringsum verlaufende Verkorkung und wölbt sich gegen die Endzelle vor, ja wächst sogar stellenweise sehr weit in deren verengtes Lumen hinein (Fig. 15 b). Ist dann die Endzelle fast bis zum Schwunde des Lumens verdickt, so sehen wir, dass auch eine bedeutende Zunahme der Wandung in der basalen Zelle, verbunden mit Verkorkung, eingetreten ist. In diesem Zustande löst sich — der Moment ist in Fig. 15 c dargestellt — die Endzelle kappenförmig ab, wobei ihre Cuticula an der Stelle reisst, an welcher die Wandverdickung am schwächsten ist. Die durch verschiedene Lichtbrechung scharf markirte Grenze zwischen verkorkten und reinen Cellulosepartieen ruft bei dem Fusse des Haares den Eindruck eines „Eingesenktseins“ hervor.

Rhodamnia trinervia.

Fig. 16 a, b, c.

Der bei voriger Pflanze ausgesprochene Myrtaceenbau ist in den wesentlichen Zügen hier wiederzufinden. Wir haben an den durch zahlreiche Oelbehälter und grossen Gerbstoffreichthum ausgezeichneten jungen Blättern eine frühzeitige Trennung des Haares in Basal- und Endzelle, eine baldige Verdickung der letzteren und ein Hineinstülpen der ersteren, welche in ihrem ganzen Umfange mehr oder weniger stark verkorkt ist, wir sehen endlich die Endzelle schnell bis zum annähernden Schwinden des Lumens durch Celluloseschichten verstärkt. Nun ist aber eine Verschiedenheit im Verhalten der Basalzelle zu constatiren. Niemals verdickt sich ihr der Endzelle zugekehrter Theil, sondern bleibt hier auffallend schwach; ihre Seitenwände dagegen und ihre Basis erfahren eine die Epidermis bedeutend überholende Cuticularverstärkung. Diese springt gleich den Cuticularschichten der Oberhautzellen (auf dem Querschnitte) zäpfchenförmig an der Stelle vor, wo die Seitenwandungen der darunter liegenden Zellen ansetzen, welche die collenchymatischen Belege der Nerven darstellen. Denn nur im Verlaufe dieser finden sich die Haare.

Der Verlust der Endzelle geht auf dieselbe Weise vor sich, wie bei *Bakhusia*. Zu bemerken ist das fast constante Vorkommen eines braungelben Inhalts in der Basalzelle, vermuthlich aus Zersetzungsproducten des Plasma bestehend. Dass in diesem und ähnlichen Fällen der Inhaltsbestandtheil zur

Erhöhung der Festigkeit gegen das Zerdrücktwerden diene, dem die verhältnissmässig dünnwandige Zelle sonst leicht ausgesetzt wäre, dürfte eine gewisse Wahrscheinlichkeit haben.

Calothamnus clavatus.

Fig. 18.

Diese neuholländische Pflanze zeigt auf ihren fast drehrunden, sehr starren Blättern kräftige Trichome von typischem Bau. Die Basalzelle mit sehr starken Seitenwandungen ist fast in ihrer ganzen Ausdehnung verkorkt und von einem bräunlichen Körper erfüllt. Ihrer mehr oder weniger vorgewölbten Aussenwand sitzt eine lange Endzelle auf, dicht über der Insertionsstelle umgebogen und mit überaus starker Celluloseverdickung ihrer Wand versehen. Der Abfall erfolgt, wie bei den vorhergehenden Formen, durch Ablösung der schon lange vorher deutlich abgegrenzten Wände, doch ist auffallend, wie spät dies hier eintritt. Die Blätter des jüngsten Sprosses erscheinen noch alle behaart, und von der vorhergehenden Wachstumsperiode sind auch nur die ältesten wirklich ganz kahl. Ist die Endzelle abgeworfen, so können nachträgliche Wachstumserscheinungen den Eindruck der Hervorwölbung verwischen.

***Agonis flexuosa* Schauer.**

Die Behaarung hat grosse Aehnlichkeit mit der zuletzt beschriebenen. Die Mitte der Scheidewand wächst meist weit in das Lumen der Endzelle hinein und verdickt sich in diesem Theile fast gänzlich. Der Abwurfvorgang bietet nichts Neues.

***Melaleuca squamea* Labill.**

Fig. 17a, b.

Das Anliegen der Haare wird bei den besprochenen *Calothamnus* und *Agonis* durch Umbiegen der Endzelle oberhalb ihrer Anheftungsstelle bewirkt. Anders bei *M. squamea*. Hier zeigt ein Schnitt, welcher die Profilansicht des ganzen, zur Spitze des Blattes hin gerichteten Haares gestattet, dass hauptsächlich durch schiefe Stellung der auffallend kleinen Basalzelle und tiefere Lage des oberhalb befindlichen Oberhautabschnittes die angedrückte Stellung hervorgerufen wird. Die Krümmung der Endzelle ist nur sehr gering, stellenweise gar nicht vorhanden. Die Seitenwandungen sind auch

hier die am stärksten verdickten. Sehr lange Cuticularfortsätze ragen von den Epidermisaussenwänden und der Haarbasis in die zu ihnen senkrecht gestellten Wände. Sonst wie vorige.

Anmerkung. Das Blatt kann man als Uebergangsform zwischen den bifacialen und den centrisch gebauten (nach der Definition von De Bary) ansehen. Das Palissadengewebe besitzt ein eigenthümliches Durchlüftungssystem, dem der Restiaceen sehr ähnlich. Die Zellen berühren sich nur in kreisförmigen Stellen, die in ihrer Mitte einen Porus zeigen. Das chlorophyllärmere innere Blattgewebe hat unregelmässig rundliche Berührungsflächen mit mehreren Tüpfeln.

Callistemon rigidus R. Br.

Fig. 19.

Der vorangehenden *Melaleuca* im anatomischen Bau der Blätter nahe stehend zeigt *Callistemon* auch in den hier speciell interessirenden Erscheinungen grosse Verwandtschaft mit ihr. Die Basalzelle ragt mit ihrem oberen Theile, der auch hier abgeschrägt ist, etwas über die Oberhaut hervor, ihre Aussenwand wölbt ihre Mitte zu einem sich verdickenden Hügel vor, wie aus der Fig. 19 ersichtlich. An älteren Blättern ist meist durch stärkeres Wachsthum der Nachbarzellen das Haarrudiment etwas nach Aussen gedrängt worden.

Metrosideros tomentosa.

Fig. 20 a, b.

Ober- und Unterseite des Blattes sind als Licht- und Schattenseite hier verschieden, und dem entspricht es, dass eine Verschiedenheit der Behaarungsverhältnisse vorhanden ist. Die Haare sind zwar beiderseits fast gleich gebaut, jedoch verlieren sie sich nur oberseits. Und dieser Verlust ist, wie ich zeigen werde, ein wesentlich anderer, wie an den übrigen australischen Myrtaceen, die ich in Untersuchung genommen. Die Haare haben das Aussehen der Fig. 20 a, und es muss Jedem auffallen, wie weit die untere Zelle in die obere hineinragt. Die hier ausgetriebene Wand erhält auch späterhin keine Verdickungen, die basale dagegen wird — Fig. 20 b möge dies veranschaulichen —, den recht bedeutenden Aussenwandungen der Epidermis gleich, durch Cuticularschichten verstärkt, welche in die hypo-

dermalen Zellwände Fortsätze aussenden. Schon der Anblick dieser Basalzelle muss es sehr unwahrscheinlich erscheinen lassen, dass sie, analog den voraufgehenden Myrtaceen, ganz erhalten bliebe. In der That ist dies auch nicht der Fall, vielmehr tritt hier, mehr oder weniger dicht über der Epidermis, ein Bruch durch beiderlei Wandungen gemeinsam ein. Für die Stelle des Bruches giebt das mikroskopische Bild vorher nicht den geringsten Anhaltspunkt.

Cytisus ramosissimus Poir.

Fig. 24 a, b, c.

Eine ganz ähnliche Gruppe verwandter Arten mit verwandten Erscheinungen der Behaarung und Enthaarung, wie die australischen Myrtaceen, fand ich in den untersuchten Papilionaceen. Sie alle haben gleiche, ganz bestimmte Eigenthümlichkeiten, ob sie nun, wie *C. ramosissimus*, die Canarischen Inseln, oder, wie *G. paniculata*, Nordafrika, oder endlich, wie *Kennedya*, *Brachysema*, *Clanthus*, *Oxylobium* und die Chorizemen Neuholland zur Heimath haben. Mit dem *Cytisus* möchte ich ihre Besprechung eröffnen, da mir sein Verhalten typisch zu sein scheint. Wie bei den folgenden finden sich hier Haare an jungen Stamm- und Blatttheilen reichlich vor, bei jenen angedrückt, bei letzteren abstehend, im Uebrigen aber von analogem Bau. Während wir sahen, dass bei *Bakhusia* und Verwandten die Ursprungszelle des Haares eine einmalige Theilung in Basal- und Endstück erfährt, beobachten wir hier eine zweite (parallele) Theilungswand der Basis, welche ebenfalls höher liegt, als das Niveau der Oberhaut. Die Basalzelle 1 wird im Verlaufe des Wachstums den übrigen Epidermiszellen gleich gestaltet, von denen sie nur mehr durch ihr grösseres Volumen differirt, Basalzelle 2 erscheint späterhin als Stielzelle des Haares. Der lang ausgezogene End- und Haupttheil erleidet eine Verdickung, die schnell zu beträchtlicher Stärke anwächst, und zwar, wie aus Fig. 24 b ersichtlich, in ungleichmässiger Weise. Verkorkt ist schon frühzeitig die Stielzelle und die Wandtheile, welche sie mit der Verkorkung der Nachbarzellen verbinden. Die eigentliche Cuticula ist von den Cuticularschichten deutlich unterscheidbar; an der Grenze von Stiel und Endzelle fand ich die äusserste Lamelle der Verkorkung ebenfalls von den übrigen abgegrenzt und mit der Cuticula in seitlichem Zusammen-

hange, was ich in Fig. 24b anzudeuten versucht habe. Richtig ist auf dieser Zeichnung auch die durch Reagentien nachgewiesene Knötchenbildung durch das Korkhäutchen der Endzelle, was, nach De Bary, selten sein soll. Wenn die Epidermis eine bedeutende Stärke erlangt hat, lösen sich die Endtheile der Haare, deren Lumen in der Verdickung oft nur schwer aufzufinden ist, von der Basis ab, an dieser nur Zipfelchen der Cuticula zurücklassend. Es entsteht dann, da die Höhe der Basalzelle 1 mit der ihrer Nachbarzellen durch Wachsthumsvorgänge ausgeglichen wird, das Bild der Fig. 24c, welches vom Blatte hergenommen ist. Die Stammorgane zeigen eine weit mächtigere Ausbildung der Cuticularschichten, verhalten sich aber sonst ebenso.

***Genista paniculata* R. Br. et Asch.**

Fig. 21.

Differirt von der vorangehenden nur wenig. In frühen Entwicklungsstadien habe ich den Fortschritt der Verkorkung studirt und Folgendes gefunden. Sehr bald nach Anlage der beiden Scheidewände des Haares erscheinen sie und die Seitenwände der Basis cutisirt. Die letzteren nehmen rasch an Dicke zu und die Verkorkung schreitet in demselben Verhältniss fort. Die innere, stets unverkorkte Lamelle der Wandung ist hier wie in vielen nahe stehenden Fällen nur ausserordentlich schwach und schwer sichtbar. Die Scheidewandungen, durch welche der Stoff- und Säfteaustausch stattfindet, participiren nicht in gleicher Weise an der Verstärkung, vielmehr sind sie, so lange die Endzelle noch bemerkenswerthe Schichtenzunahme erfährt, in ihrem mittleren Theile dünn. Erst nachdem das Lumen jener bis zum an nähernden Schwunde verengt worden ist, kommt auch diesen Wänden eine bemerkenswerthe Verstärkung durch Cuticularschichten zu. Besonders die Aussenwand der Basis wird beträchtlich und, wie bei *Cytisus*, macht sich an ihr eine äusserste Lamelle besonders geltend. Sie tritt bei der Einwirkung von Chlorzinkjod besonders scharf hervor.

***Chorizema cordatum* Lindl.**

***Chorizema* Chantleri.**

Fig. 25 c.

Im engen Anschluss an die vorbehandelten Formen möchte ich die beiden australischen Chorizemen erwähnen. Frühzeitig ist die Verkorkung der Haar-

basis stärker als die der Oberhautaussenwandungen, und dieses Verhältniss bleibt auch später bestehen. Bei *Ch. cordatum* sah ich die Anheftungsstelle der Endzellwand von Poren durchsetzt (Fig. 25 c), später jedoch habe ich dieselben nicht mehr auffinden können. Die Haare beschränken sich auf die über den starken Bastbelegen der Gefässbündel befindlichen Stellen der Oberhaut, vgl. *Tarchonanthus*, *Ficus*, sowie folgende Pflanze.

Brachysema undulatum.

Fig. 25 a, b.

Auch die Blätter von *Brachysema* zeigen die Stellen der Oberhaut, welche über assimilirenden Zellen liegen, von Haaren frei, während die Nervatur reichlich von ihnen begleitet wird. Die Endzellen sind angedrückt und, wie ihre Lumina, abgeflacht, besitzen nicht, wie bei den Vorigen, Knötchenbildungen, grenzen sich aber, wie dort, deutlich von der Basis ab. An letzterer ist es mir nicht gelungen, eine äussere, unterschiedliche Korklamelle aufzufinden, wie sie bei *Cytisus* so schön sichtbar war. Basalzelle 2, welche am ausgebildeten Haare dem Stiele entspricht, hat eine schiefe Form und steht an Ausbildung ihrer Verdickung hinter der Fusszelle zurück. Die Ablösung, in Fig. 25 b zum Ausdruck gebracht, bietet nichts Neues.

Oxylobium retusum R. Br.

Die einzige Abweichung von der letztbesprochenen ist folgende. An jungen Haaren lässt die Wand der Endzelle an der Insertionsstelle zahlreiche Poren erkennen. Auch an älteren, bereits abgestreiften Haaren treten sie noch, wenn auch weniger scharf, hervor.

Clianthus australis.

Fig. 23 a, b.

Was ich schon bei *Brachysema* bemerkte, dass nämlich die Hauptverstärkung der Basalzelle 1 zu Theil wird, kommt bei *Clianthus* in stärkerer Weise zur Erscheinung. Zelle 2 ist und bleibt relativ schwach, ja, nach dem Abwurfe der Endzelle fällt auch sie manchmal dem nachträglichen Untergange anheim, so dass von dem einstigen Haare nur noch eine Zelle mit fast übertriebener Verdickung ausdauert. Die Endzellen der Zweige und Blätter sind

meist senkrecht zur Hauptfläche orientirt, doch kommen an letzteren neben vielen Uebergangsformen auch anliegende vor. Stets sind sie zur Spitze hin mit Höckern besetzt.

Kennedya oblongata.

Fig. 22.

Als letzte der untersuchten Papilionaceen erwähne ich *Kennedya*. Hatten wir bei Voriger bisweilen eine Variation des regelmässigen Verhaltens insofern, als die schwächere Stielzelle untergehen kann, tritt uns hier als Ausnahmefall eine Abänderung in einem gegensätzlichen Sinne entgegen. Die typische Zweizahl der Basis ist nicht selten überschritten, und sie besteht dann aus drei Zellen, deren innere Scheidewände auffallend schwach bleiben. Die Basis ragt innen weit hervor und ihre äusserste Zelle ist durchgehends mit bräunlichem Inhalt dicht erfüllt (vgl. *Rhodamnia*). „Grenzlamelle“ ist, wie bei *Cytisus*, vorhanden. Die Endzellen sind stets abstehend, starr, mit Knötchen besetzt, Spitze verkieselt. Die Ansatzstelle bleibt unverdickt.

***Leucadendron tortum* R. Br.**

***Leucadendron corymbosum* Berg.**

Fig. 26 a, b.

Vieles Uebereinstimmende lässt sich zwischen den untersuchten Proteaceen, zwei Arten von *Leucadendron* und zwei von *Hakea*, erstere vom Cap, letztere australischer Herkunft, nicht verkennen.

Die Leucadendren schliessen sich den Papilionaceen recht gut an. Bei Bau und Entwicklung der Haare kehren alle Grundzüge wieder, welche wir dort kennen gelernt haben. Zwei Basalzellen, von denen die unterste erst im Verlaufe des Wachstums in ihrer Höhe mit den Nachbarzellen ausgeglichen wird, und welche denselben Umfang der Verkorkung zeigen, eine gerade abstehende Endzelle, durch Celluloseschichten früh so stark verdickt, dass ihr Lumen nur noch als ein dünnes Fädchen erscheint, alle diese Züge sind hier wie dort wesentlich. Ja selbst die Grenzlamelle, wie ich sie nennen möchte, tritt bei beiden Leucadendren, hauptsächlich nach Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder Anilinfarben, stark hervor. Eigenthümlich sind hier zwei Merkmale: die Basalzelle der Epidermis hat eine ungewöhnliche Grösse und

die Verkorkung der Stielzelle lässt regelmässig eine innere, verschiedene Schicht erkennen. Dem letzteren Momente habe ich meine Aufmerksamkeit zugewandt und habe festgestellt, dass diese innere Zone verholzt ist. Der Vorgang des Abwurfes spielt sich ganz im Sinne der bisher gemachten Erfahrungen ab.

Hakea rosmarinifolia.
Hakea suaveolens R. Br.

Fig. 27 a, b, c, d.

Die anliegenden Spindelhaare der Hakea-Arten bestehen aus drei Zellen, welche sich im ausgewachsenen Zustande als Fuss-, Stiel- und Endzelle darstellen. Die erste, Anfangs über die Oberhautzellen hervorragend, bleibt im Wachsthum derart zurück, dass sie später unter dem Niveau derselben liegt, sie hat, jenen analog, eine stark verkorkte Aussenwandung. Dieser sitzt die Stielzelle an, welche ebenfalls verkorkt ist, aber dünnwandiger bleibt. Sie ist in der Richtung des langgestreckten Assimilationsorganes seitlich zusammengedrückt und verbreitert sich in dieser Richtung bei *H. rosmarinifolia* weit bedeutender als bei der *suaveolens*, da, wo sie an die Endzelle stösst. Diese ist in ihrer Mitte angeheftet, parallel der Hautoberfläche abgeplattet und an der ihr zugewandten Seite stärker von Celluloseschichten verdickt als an der äusseren; beides, Abplattung und Dickenunterschied, ist bei *H. rosmarinifolia* weniger augenfällig. Beim Abwurf löst sich die Endzelle mit glatter Grenze vom Stiele ab, der an älteren Blättern Luft führt.

Ich brauche nur kurz darauf hinzuweisen, dass dieser Hakea-Typus, so verschieden immerhin sein erster Eindruck von dem der Leucadendren ist, doch mit diesem wesentlich übereinstimmt.

Arctostaphylos officinalis Wimm.

Die Behaarung ist auf die Randregion der jungen Blätter beschränkt. Die Haare bestehen der Mehrzahl nach aus einer sehr schmalen, die Oberhaut weit überragenden Basal- und einer deren Fortsetzung bildenden langen Endzelle. Die Basis nimmt im oberen Theile an der umfangreichen Verkorkung der Oberhautaussenwände Theil, eine zarte Cuticula zieht sich auch hier über die starken Celluloseschichten der Endzelle mit ihren zahlreichen Höckern hin. Ab und zu wird der Bau der Haare dem bei *Clanthus* er-

kannten ähnlich, indem eine zweite, aber bedeutend dünnwandigere Basalzelle zur Entwicklung gelangt. Auch hier löst sich die Endzelle von der Basis ab; es bleiben nur Zipfel der Cuticula zurück. Nachher sieht man, dass die anfängliche Hervorragung des Rudimentes durch nivellirende Wachstumserscheinungen geschwunden ist.

Relhania trinervia.

Fig. 30 a, b.

Diese und die beiden folgenden Compositen haben als gemeinsames Merkmal, welches auch den oben besprochenen Vertretern dieser Familie zukommt, dass ihre Haare der Oberhaut aufgesetzt erscheinen. Denn bald nach der Theilung der Haarmutterzelle verliert der untere Abschnitt jede Beziehung zu dem Trichome.

Die hier behandelten und folgenden Haare stimmen noch darin überein, dass ihre Basis von wechselnder Zellenzahl ist und eine einzige Endzelle als solche deutlich ausgeprägt zu Tage tritt. Im Uebrigen weisen beide Theile augenfällige Unterschiede auf.

Die Haare von *Relhania* haben lang-conische Form. Ihre Basis ist 2—3 zellig. Die Verkorkung, von den nicht verkorkten Membranpartieen auch ohne Einwirkung von Reagentien durch die verschiedene Lichtbrechung scharf gesondert, zieht sich von den Oberhautzellen auf die Seiten- und Aussentheile der Basis herüber, frühzeitig in schneller Zunahme begriffen. Die obere Scheidewand innerhalb der Basis erfährt eine vom Rande zur Mitte fortschreitende Cutisirung, wo sie jedoch nicht immer zum vollständigen Schlusse gelangt. Die Endzelle ist nur an ihrer Sohle unverdickt, correspondirend mit einer dünneren Stelle in der Basiswand. Ihre Ablösung geht glatt vor sich.

***Brachyglottis repanda* Forst.**

Fig. 29 a, b.

Der dichte Filz, welcher beide Seiten jüngerer Blätter überzieht, besteht aus gleichförmigen, jedoch verschieden hohen Haaren von der Form der Fig. 29 a. Die 1—6 Basalzellen dünnwandig, inhaltreich, Endzelle stark verdickt, abgestorben und luffertfüllt, so stellt es sich dem Beschauer an einem etwa $5\frac{1}{2}$ cm langen Blatte dar und verräth sofort den typischen Bau der

Wasser aufnehmenden Haare. Etwas ältere Blätter beginnen oberseits kahl zu werden. Die zweispitzigen Endzellen, welche sich mit ihren langen, mannigfach gewundenen, oft wurmförmigen Schenkeln dicht verflechten, lösen sich, in grösserer Zahl verbunden bleibend, von den verkorkten Basen ab. An diesen erhält sich meist nur die untere Zelle in collabirtem Zustande. Unter ihrem Ansatz auf der zugehörigen Oberhautzelle bekommt diese eine wulstige Verstärkung (Fig. 29b), welche an haarlosen Oberhautzellen nur vereinzelt auftritt. Ich halte sie für verkieselt, wie es in ähnlicher Weise durch von Mohl¹⁾ bei mehreren Compositen beschrieben worden. Die Blattunterseite zeigt dieselben Wülste unter den Haaren. Abwurf findet hier nicht statt.

Eurybia lyrata.

Fig. 31 a, b.

Hier ist die Endzelle von ganz anderer Form wie vorhin. Sie wächst nach verschiedenen Richtungen zu Spitzen aus und erscheint dadurch sternförmig, ihre Verdickung ist unbedeutend. Die Basis, 2—4 zellig, bleibt ganz erhalten, wenn die luftgefüllte Endzelle abfällt. Das geschieht nur auf der Innenseite der Blätter; die Unterseite, welche ihr unentwirrbares Haargeflecht behält, hat, wie bei voriger, eine nur schwache Epidermis, und weit hervorstehende Spaltöffnungen.

***Pittosporum crassifolium* Sol.**

Pittosporum Ralphii.

Fig. 28 a, b.

Beide nahezu völlig übereinstimmend. Die T-förmigen Haare besitzen die grösste Ähnlichkeit mit denen von *Brachyglottis*, wenn auch ihre Endzellen nicht so lang und gewunden sind. Basis 2—4 zellig, verkorkt. Zweispitzige Endzelle stark verdickt, mittelst einer stielförmigen Ausstülpung befestigt, an der Anheftungsstelle dünnwandig. Sie fällt durch glatte Trennung ab. Die Basis wird im unteren Theile verstärkt, ihre oberen Zellen sind oft zusammengefallen. Auch bei den Pittosporen wird nur die Lichtseite vom Haarverluste betroffen.

¹⁾ Botanische Zeitung 1861, p. 229.

Callicoma serratifolia Andr.

Fig. 35 a, b.

Der junge Spross verdankt seinen röthlich braunen Schimmer der Wandfärbung zahlreicher einzelliger Haare von ziemlicher Grösse. Dieselben sind, unter sich nahezu parallel, dicht über der Oberhaut umgebogen und mit vielen kleinen Knötchen überstreut. Ihr Fuss zeigt jene Wand von Poren durchsetzt. Er ist von einer Korkhaut in der Stärke der epidermalen Cuticula umgeben, was den Eindruck hervorbringt, als sei das Haar in die Oberhaut „eingelassen“. Der Hauptkörper des Haares ist fast cylindrisch, die beträchtliche Verdickung in der lang ausgezogenen Spitze stärker, übrigens nahezu gleichmässig. Erst an älteren Blättern und nur oberseits findet der Haarverlust statt, nachdem die Korkschichten der Epidermis und des Haarfusses bedeutend stärker geworden sind. Es bricht dann, unmittelbar über der Insertion, also in der Höhe der Oberhaut, die Wandung des Haares durch, ohne dass vorher ein anatomisches Merkmal diese Stelle bezeichnete. Unterseits wird die bleibende Behaarung, ausser von den beschriebenen, noch von einer grossen Zahl kleinerer, lockig gedrehter und zu einem Filze verflochtener einzelliger Haare gebildet, die luftgefüllt sind und an älteren Blättern die weissliche Färbung der Unterseite verursachen.

Fagus silvatica L.

Fig. 36.

Figur 36 thut die grosse Uebereinstimmung der Haare auf den Blattnerven von *Fagus* mit den vorher beschriebenen dar. Die Unterschiede sind eigentlich nur quantitative, wenn man von der recht unwesentlichen Thatsache absieht, dass hier die Poren des Fusses und die Knötchen des Haarkörpers fehlen. Die Verdickungszunahme gegen die Spitze hin ist noch ausgeprägter wie dort, das ganze Haar gestreckter. Der Abbruch erfolgt in gleicher Weise, auch hier nur blattoberseits.

Juglans regia L.

Neben bleibenden Drüsenhaaren besitzen die Blätter auf den Nerven einzellige conische Haare, welche selten einzeln, meist zu Büscheln von 3—5 vereinigt sind und an ihren Berührungsstellen Poren in der Wand zeigen.

Die Wandverdickung ist nach der Spitze zu eine unverhältnissmässig starke; hier treten Schichten verschiedener Lichtbrechung lang ausgekeilt hervor. Das Büschel erscheint eingelassen, denn sein Fuss ist von einer Cuticula umzogen; es bricht, nachdem diese eine starke Dickenzunahme erfahren hat, in der Höhe der Epidermis, analog den Vorigen, ab.

***Thibaudia acuminata* D. C.**

In der äusseren Zelllage der zweischichtigen Epidermis liegt oberseits der innen verschmälerte Fuss des einzelligen, fast parallelwandigen Haares. Die Insertionsstelle ist nicht unmerklich verdickt und zum grössten Theil verkorkt. Die Verkorkung zieht sich erst später über den ganzen Fuss hinab, und wenn sie ihren Schluss erreicht hat, beobachten wir die ziemlich häufige Erscheinung, dass in Folge von Wachstumsverschiebungen das Haar etwas nach Aussen gerückt ist. Es bricht unmittelbar über seiner Insertion ab. Die Blattunterseite trägt spärliche Drüsenhaare, verliert sie aber nicht.

***Banisteria chrysophylla*.**

Aeltere Blätter dieser Malpighiacee gleichen denen von *Chrysophyllum* auch insofern, als ihre Oberseite kahl, ihre Unterseite dagegen durch ihre Behaarung goldig glänzend erscheint. Während aber *Chrysophyllum* von Anfang an nur hier Haare ausbildet, auf der Innenseite dagegen nicht, ist die letztere bei *Banisteria* durch Haarverlust kahl geworden. Die Haare gleichen ihrer Form nach denen von *Hakea*, sie sind, wie diese, zweispitzig, T-förmig. Bei mikroskopischer Betrachtung jedoch erweisen sie sich als von grundverschiedenem anatomischen Bau. Jene bestanden, wie wir sahen, aus drei Zellen, deren Lage sie als Fuss, Stiel und Querbalken charakterisirte; hier ist und bleibt das ganze Trichom einzellig. Durch Membranverkieselung ist es starr, jedoch nur an der Stelle der Insertion wesentlich verdickt. Diese Beschaffenheit mit gleichzeitiger Verkorkung nimmt zur Sohle hin allmählich zu, und bei einem Blatte von einigen Centimetern Grösse ist bereits der ganze Fuss, der, wie bei voriger Pflanze, nach Aussen gedrängt erscheint, durch eine starke Cuticularschicht von der Epidermis abgeschlossen. Dicht über dem Fusse lässt die bräunliche Wand eine Einschnürung resp. Verdünnung erkennen, und hier erfolgt der Abbruch des Haares, n. b. nur

oberseits. Der verdickte Fuss bleibt zurück und ist besonders auf Flächenschnitten der Epidermis leicht auffindbar, da die sonst gewellten Wände der Oberhautzellen um das knotenförmige Haarrudiment gerade und radial angeordnet sind.

Banisteria fulgens.

Die Haare schliessen sich den letztbeschriebenen aufs Engste an. Der Fuss ist sehr schmal und schon frühzeitig ganz von der Verkorkung erfasst. Höckerbildungen, welche bei jener hie und da auftreten, sind hier durchgehends vorhanden. Alles Uebrige wie dort.

Ganz ähnliche Haare, nur in mächtigerem Maassstabe und mit stets glatter Aussenseite, sind die bekannten rigiden Stechhaare von *Malpighia urens* L. Wenn deren verkieselte Spitze in die thierische Haut eindringt, so bricht das Haar an seiner Basis ab. Ohne die hierzu erforderliche relativ bedeutende Kraft tritt jedoch diese Erscheinung nicht ein und bleibt daher vereinzelt. Von einem Haarverlust im hier gehandhabten Sinne kann somit bei *M. urens* und Verwandten nicht die Rede sein.

Ficus pertusa L. fil.

Ficus australis.

Fig. 33a, b. Fig. 34a, b.

Hier möchte ich den einzelligen, borstenförmigen Haaren der schon oben besprochenen Ficus-Arten eine Stelle gönnen. Von dem bisher erkannten Abbruchmodus einzelliger Haare ist der hier zur Erscheinung kommende wesentlich verschieden. Ein bemerkenswerther Unterschied macht sich schon geltend, bevor der Abfall eingeleitet wird: der Haarfuss bleibt unverkorkt, wogegen der Haarkörper, Fig. 34a soll dies veranschaulichen, in bedeutender Ausdehnung verkorkt ist. Seine Verdickung nimmt, wie bei den vielgliederigen Haaren, an der Insertionsstelle bis zur vollständigen Verschmelzung zu, und wenn man auf eine derartige „falsche“ Scheidewand concentrirte Schwefelsäure einwirken lässt, so kann man feststellen, dass ein gänzlicher Abschluss durch Verkorkung eingetreten ist. Die schwächste Region des Haares ersieht man leicht aus dem Bilde desselben; sie liegt, nicht scharf localisirt, nahe oberhalb der Verschmelzung. Hier erfolgt der Bruch.

Während bei *F. australis* das Rudiment keine nachträglichen Veränderungen mehr erleidet, beobachtete ich bei *F. pertusa*, dass es später durchgängig eine mehr oder weniger scharf bestimmte Kegelform annimmt. Diese entsteht, wie ich mich an einigen Präparaten überzeugen konnte, durch Abblättern oder Abschülfern äusserer Membranschichten, vergl. Fig. 33a.

***Tilia grandifolia* Ehrh.**

Fig. 32.

Es ist eigentlich kein einzelliges Haar, dessen Verlust ich an Zweigen unserer Winterlinde beobachtete. Dennoch habe ich ihm seinen Platz hinter der Besprechung der einzelligen angewiesen, weil es sich diesen durchaus anschliesst. Die Scheidewände des cylindrischen Haarkörpers sind nämlich so schwach und so wenig in ihrem Auftreten einer Regel unterworfen, dass sie weniger zur Trennung distincter Glieder, als zur Kammerung des Haares dienen. Sie bleiben dem entsprechend auch beim Abfalle unberücksichtigt und dieser schliesst sich eng an *Fagus* und *Juglans* an. Der Haarfuss wird von einer zu immer grösserer Dicke anwachsenden Verkorkung umgeben, an welcher das Haar selbst nicht Theil nimmt. An der Insertionsstelle bricht der Haarkörper ab, sein Fuss bleibt in dem starken Schuh stecken.

Allgemeiner Theil.

1. Vorkommen abfallender Behaarung im Pflanzenreiche.

Organe von so geringer Grösse, wie die meisten Pflanzenhaare, Organe, zu deren Bildung es nicht grossen Aufwandes von Material noch von Lebensenergie — wie immer diese zu denken sei — bedarf, Organe endlich, deren Dasein oder Fehlen keine tiefer gehenden Veränderungen in anderen wichtigen Functionen hervorruft, die von den Erscheinungen der „Correlation“ wenig berührt werden: so geartete Organe sind befähigt zu einer grossen Mannigfaltigkeit der Function, ihr Auftreten und Verschwinden entzieht sich aber auch naturgemäss der genaueren Erkenntniss und der Aufstellung allgemeinerer Regeln. Darum lassen sich auch aus den vorliegenden Beobachtungen keine Gesetze des Vorkommens von Enthaarungserscheinungen ableiten. Und leicht ist einzusehen, dass auch eine weniger unvollständige Aufzählung der die quästionirte Eigenschaft zeigenden Pflanzen uns darin derzeit nicht viel weiter bringen würde. In der Systematik hat die Behaarung, so charakteristisch sie als Merkmal der Unterscheidung in einzelnen kleinen Gruppen erscheint, in Fragen grösserer Tragweite zu keiner Zeit eine Rolle gespielt; jeder Botaniker weiss, wie vollständig der vor anderthalb Jahrhunderten von Guettard gemachte Versuch, mit ihrer Hilfe verwandtschaftliche Gruppen zu construiren, missglückt ist.

So kann in systematischer Beziehung auch meine Arbeit keine neuen Gesichtspunkte geben. Nur kann ich die negative Seite dieser Fragen, nämlich eben die Regellosigkeit der Vertheilung im Allgemeinen mit Hinweis auf das Vorhergegangene hervorheben. Die in Untersuchung genommenen 47 Gattungen gehören 22 Familien der verschiedensten Verwandtschaftskreise, Kryptogamen und Phanerogamen ziemlich gleichmässig, an.

Dennoch lassen sich auch einige wenige Bemerkungen positiver Art wohl machen. Zunächst giebt es viele kleinere Familien von meist engen Verbreitungsbezirken, deren einander sehr nahe stehende Formen vielleicht sämtlich hierher gehören, so die Pittosporeen, Elaeagnaceen, Melastomeen (?), Nymphaeaceen. Dann aber lässt sich auch bei einigen grösseren, sogar sehr grossen Familien nicht verkennen, dass ungewöhnlich viele ihrer Angehörigen die Behaarung verlieren; ich denke an die Myrtaceen, Proteaceen, Papilionaceen, Cupuliferen und auch die Compositen. Jedoch möchte ich das weniger für einen Ausdruck, ich meine directen Ausdruck, phylogenetischer Verwandtschaft halten, als vielmehr physiologisch begreifen, indem die betreffenden Formen unter ähnlichen Bedingungen von Klima und Standort leben und dem entsprechend in vorliegender Frage functionell ähnliche Eigenschaften besitzen. So ist es auch keineswegs selten, dass sehr nahe Verwandte sich darin entgegengesetzt verhalten. Als Beispiele erwähne ich, dass *Melaleuca arachnoidea* Baensch und andere Melaleucen keine Spur von Kahlwerden zeigen, bei *M. squamea* sahen wir den Vorgang sich sehr regelmässig abspielen, *Marsilea elata* hat abfällige, die meisten anderen Marsilea-Arten bleibende Haare: ähnlich *Begonia incana*, *platanifolia*, *vitifolia* gegenüber den meisten Begonien. Nach Meyen verlieren die „Secretionsorgane“ von *Chenopodium album*, *Ch. Quinoa*, *Atriplex hortensis* und Anderen ihre Endzelle, diejenige von *A. rosea* und *A. nummularia* löst sich nicht ab. Die angeführten Beispiele mögen genügen, man könnte sie häufen.

Auffallen wird es Jedem, dass unter den behandelten Pflanzen keine Monocotylen vorhanden sind. In der That führt Kärner, der, wie Eingangs bemerkt, sein Thema viel weiter fasst, eine ganze Reihe Gräser an, bei denen Haar-Abfall resp. Abbruch zu beobachten sei. Diejenigen, welche ich in Untersuchung nahm, *Bambusa* und einige einheimische Gramineen, zeigten einen normalen Haarverlust nicht, wohl aber brachen an vertrockneten Blättern und Scheiden manchmal die verkieselten Haarspitzen leicht ab, und es ist wohl denkbar, was uns Kärner ausmalt, dass „beim Sausen und Krachen im windbewegten Bambusgebüsch, bei dem Wogen sturmgepeitschter Grasflächen“ viele Tausende von Haarsplintern in der Luft mit fortgeführt werden. Für die Pflanze und ihr Gedeihen hat ein solcher Enthaarungsprocess keine Bedeutung und ich kann ihn nicht in mein Thema ziehen. Uebrigens

fehlt am Fusse dieser einzelligen Trichome jeder Abschluss und jede Verkorkung.

Auf eine Erweiterung meiner Resultate auf pflanzengeographische Fragen möchte ich nicht näher eingehen, sondern nur constatiren, dass fast alle Zonen und Gebiete unter meinen Objecten vertreten sind und dass allerdings eine auffallend grosse Zahl von ihnen dem australischen Verbreitungskreise angehören. Dies steht vielleicht im Zusammenhange mit der später zu erwähnenden Häufigkeit des Haarverlustes gerade an immergrünen Blättern.

2. Abwurfs- und Abbruchsvorgang in seinen Formen.

Im speciellen Theile habe ich eine gewisse Reihenfolge beobachtet, die hier zu recapituliren am Platze sein dürfte. Ich erinnerte an den Abwurf einer Emergenz, welche, streng genommen ausserhalb meines Themas stehend, sich eng an den herbstlichen Blätterabfall unserer Laubbäume anschloss. Ich betrachtete dann einige Fälle von abfallenden Haaren, die einem körperlichen Complex von Zellen entsprechen, ging stufenweise zu Formen über, deren Stiel aus einer einzigen Zellreihe besteht, und gelangte zu den am häufigsten abfallenden, gänzlich einzellreihigen, unter welchen die mit einer markirten Endzelle einen bedeutenden Raum einnahmen. Schliesslich konnte ich Fälle des Verlustes einzelliger Trichome aufführen.

Es sei mir gestattet, die auf diesem Wege gefundenen Resultate im Grossen und Ganzen der Reihenfolge entsprechend aufzuzählen. Die zellkörperlichen Haare, wenn ich diesen kaum missverständlichen Ausdruck gebrauchen darf, stimmten darin überein, dass sich ein basal gelegener Theil ihres Gewebes verkorkte, über welchem zartwandige Regionen dem Abbruche, ein solcher war es hier immer, keinen merklichen Widerstand entgegenzusetzen im Stande waren. Sobald sich jedoch bei diesen ein von einer Basis abgrenzbarer Endkörper vorfand, nahm die verkorkte Partie umschreibbare Grenzen an, sie betraf allein die Basis, und die Grenze der Cutisirung erschien als Ablösungsgrenze; der Vorgang charakterisirt sich als Abwurf. Dieses Verhalten blieb das maassgebende, wenn die Basis einreihig wurde und wenn das ganze Trichom eine Zellreihe darstellte. Besonders scharf ge-

staltete sich die Ablösung, Falls ein wohl abgesetzter Haupttheil des Haares, war er nun einzellig oder mehrzellig, dem Verfall anheimfiel. Eine Ausnahme hatten wir bei einem aus einer Basal- und einer Endzelle bestehenden Haare, das einen Abbruch erlitt, wie er Regel wurde bei allen betrachteten einzelligen Haaren, ob sie nun ihre einzellige Natur beibehielten, so lange sie bestanden, oder ob sie „pseudozweizellig“ wurden, wovon wir nur einen Fall kennen lernten. Eine ganz ausserhalb dieser Reihe stehende Bildung, bei *Acacia*, war merkwürdig durch eine umfangreiche Zellwucherung um die Basis der Haare.

Auf Grund des Vorstehenden möchte ich eine nahe liegende Gruppierung der hinfälligen Haare in 4 Typen vornehmen, wobei Form des Baues und Form des Abfalles unter gemeinsame Gesichtspunkte gestellt werden, und zwar werde ich die umgekehrte Reihenfolge wie bisher innehalten, den letzterwähnten Ausnahmefall jedoch unberücksichtigt lassen.

Typus I. Einzellige Haare, welche nahe der Epidermis abbrechen, den von Verkorkung umgebenen Fuss zurücklassend. *Juglans*, *Fagus*, *Callicoma*, *Thibaudia*, *Banisteria* — abweichend *Ficus*. Diesem Typus schliessen sich *Tilia* und *Metrosideros* an.

Typus II. Einreihige Haare mit ausgesprochener Endzelle, welche entweder in der Richtung der Basis oder der Oberhaut gestreckt oder sternförmig ist. Die Endzelle löst sich von der Basis ab, welche im oberen Theile oder, Falls einzellig, auch im Fussstück, verkorkt ist. Die Myrtaceen, Papilionaceen, Proteaceen, Pittosporen, *Brachyglottis*, *Relhania*, *Eurybia*, *Arctostaphylos*.

Typus III. Einreihige oder einreihig verzweigte Haare, bei welchen eine wechselnde Zahl basaler Zellen verkorkt, die übrigen abgeworfen werden. Letztere sind:

a. als Endtheil von der Basis deutlich verschieden. *Berkleya*, *Tarchonanthus*, *Marsilea*.

b. von der Basis ohne Reagentien nicht oder wenig unterscheidbar. *Platanus*, *Nuphar*, *Nymphaea*. — *Ficus*.

Typus IV. Mehrreihige Haare:

a. eine Endzelle oder ein Büschel von solchen wird von der verkorkten Basis abgelöst. *Vitis*, — *Quercus*, *Correa*, *Elaeagnus*.

b. ein deutlicher Endkörper von der einreihigen, verkorkten Basis sich trennend. *Medinilla*, *Begonia*.

c. Haarkörper oder Schuppe ohne Grenze in die verkorkte Basis übergehend, Ablösung durch Bruch. *Lomaria*, *Acrostichum*, *Chrysodium*.

Ich bin mir bewusst, dass die aufgestellten Typen die Bezeichnung „künstlich“ verdienen. In der Natur giebt es ja keine Ausbildung in festen Typen, da sind nur Entwicklungsreihen, in denen freilich wohl an vielen Punkten ein längeres Verweilen, eine charakteristische und reichere Gestaltung stattfindet, während andere als „Zwischenformen“ erhalten bleiben oder untergegangen sind. Der registrirende menschliche Geist ist es, der Typen schafft, und eben an jenen Ruhepunkten muss er einsetzen, wenn seine Gruppierung nicht naturwidrig sein soll, natürlich ist sie nie. Daher die mannigfachen Verwischungen der gezogenen Grenzen und die zahlreichen Verlegenheiten, wenn es gilt, bestimmte Formen bestimmten Rubriken zuzutheilen, Verlegenheiten, die nur der Oberflächlichkeit nicht zum Bewusstsein kommen. Innerhalb der oben aufgestellten Typen sind Uebergänge an allen Punkten vorhanden, Zwischenformen zwischen dem einen und dem anderen liessen sich darthun; ich will dieses nicht weiter verfolgen, sondern nur auf einiges Zusätzliche zu dem Gegebenen eingehen.

Ein Analogon zu dem Abstossen der Laubblätter im Herbst kennen wir bei eigentlichen Haaren nicht. Für die wesentlichsten Momente desselben, nämlich das Auftreten eines Trennungsgewebes, dessen lebende, unverkorkte Zellen durch gegenseitige Abrundung die Loslösung bewirken, und den Abschluss der entstandenen Bruchfläche durch Korkgewebe, welches durch Theilung neu gebildet wird, hierfür fehlen bei Haaren correspondirende Erscheinungen, solche wenigstens, welche ihrem vollen Begriffe nach mit ihnen übereinstimmen. Nahe verwandt ist jenem Korkgewebe allerdings dasjenige, welches die Phyllodien der Acacien bilden, jedoch ist dieses ein so allein stehender Fall, dass ich ihm eine allgemeinere Bedeutung nicht beimessen möchte. Dem „Trennungspheelloid“ vollends fehlt jedes Correspondirende beim Haarverlust, wenn man ihm nicht die auch bei Haaren sich findende Trennung durch Abrundung an die Seite setzen will.

Einen Punkt jedoch darf ich als principiell und überall vorhanden, wo ein normaler Abfall vorliegt, hinstellen, nämlich den, dass vor der Trennung

und innerhalb der Lösungsstelle ein Abschluss durch Verkorkung hergestellt wird. Auch ist es begreiflicher Weise Regel hierbei, dass diese abschliessenden cutisirten Partien mit denen des Hauptgewebes in ununterbrochener Verbindung stehen.

Die Modificationen innerhalb dieses Principes sind bei Haaren recht mannigfaltig. Sehen wir von *Acacia* ab, so wird die Verkorkung stets schon vorhandenen Zellwänden zu Theil, meist Hand in Hand gehend mit einer bedeutenden Dickenzunahme derselben. Wo im Bild des fertigen Haares ein basaler und ein Endtheil sich aufdrängt, wird regelmässig die Grenze scharf bis zu dem letzteren eingehalten. Hier, an der Grenze, kommt es nicht selten — ich erinnere an *Cytisus* und folgende — zur Bildung einer besonderen, der Cuticula im engeren Sinne vergleichbaren Lamelle. Nach Innen zu kann die Verkorkung allmählich verlaufen, wie es *Quercus*, *Elaeagnus*, *Correa* zeigen. Meist jedoch hat sie auch nach dieser Seite ihre mehr minder genaue Bestimmung. Entweder reicht sie nämlich nur so weit, dass die Verbindung mit der epidermalen Cuticula hergestellt ist, oder aber sie umfasst den Fuss des Haares mit. Zur Illustration des ersteren Falles können die sämtlichen aufgeführten Papilionaceen, Proteaceen und Compositen dienen; es kann dabei, wenn bei aufgesetzt erscheinendem Haare der Stiel einzellig ist, der Verschluss ein einfacher sein, beispielsweise liegt dies bei Fig. 12 und 30a vor. Der zweite Fall trifft bei den Myrtaceen zu, welche sonach, *Metrosideros* ausgenommen, bei einzelliger Basis einen doppelten Korkverschluss haben, wie die Papilionaceen und Proteaceen bei ihrer zweizelligen Basis.

Die Verkorkung des Fusses bildet den einzigen Verschluss des Rudimentes bei den einzelligen Haaren ausser *Ficus*, bei *Metrosideros* und *Tilia*.

Was nun den Vorgang des Abfalles selbst betrifft, so tritt derselbe am regelmässigsten bei dem Typus II, III, IVa und b in Erscheinung, wo das Haar mehrzellig ist und durch die Verkorkung ein bleibender Theil unter einer scharfen Grenze nach Aussen markirt wird. Wir haben im Vorstehenden diesen Vorgang stets mit Abwurf bezeichnet, mit Abbruch dagegen die unter Typus I und IVc zusammengefassten Erscheinungen. Dort geht die Lösung glatt vor sich, das Rudiment besitzt eine bestimmte Gestalt und schliesst mit einer Aussenwand oder einer mehrwandigen Aussenfläche ab.

Hier ist die Trennung unregelmässig, hinterlässt ein Stück ohne bestimmbare Form und schliesst mit splitterigem Contour, ohne Aussenwandung, ab. Bei den vielzelligen Haaren sub IVc ist der ungefähre Ort des Abbruches dadurch gegeben, dass sich entweder das Haar bedeutend zur Basis hin verschmälert oder dass hier eine schwachwandige Zellenregion sich befindet. Bei einzelligen Haaren ist die Sache etwas anders. Kärner¹⁾ behauptet hier mit voller Allgemeinheit das Vorhandensein von „in Bezug auf die Beförderung des Haarabbruches in dem Baue und der Anheftungsweise gewissen, oft zweckmässigen Einrichtungen, welche die normale Abbruchart und Abbruchsstelle vorzeichnen“. Ich kann ihm in dieser Form nach meinen Beobachtungen nicht beipflichten. Derartige locale Merkmale, wie er weiter unten durch „Einschnürung, Absatz und dergleichen“ näher präcisirt, habe ich im Allgemeinen nicht gefunden. Nur *Banisteria* zeigte eine Wandverdünnung an der späteren Bruchstelle; die dicht unter der Spitze bei Brennhaaren vorhandene Membraneinschnürung, welche das Abbrechen dieser Spitze befördert, ist das einzige mir sonst bekannte Beispiel dieser Art, welches aber in keiner Weise unter mein Thema fällt. Ich erkläre mir das innerhalb gewisser Grenzen gleichmässig stattfindende Abbrechen aus rein mechanischen Gründen. Da alle Haare derselben Pflanze in Form und Membranverdickung annähernd übereinstimmend gebaut sind, so haben sie auch den Ort ihres geringsten Widerstandes an annähernd derselben Stelle, ohne dass diese durch localisirte „Einrichtungen“ vorbezeichnet wäre. Diese Behauptung gilt allgemein, sofern nicht ein „Träger von gleichem Widerstande“ vorliegt. Das ist bei den beobachteten Haaren nicht der Fall. So verschmälert sich die Wand der meisten hierhergehörigen Trichome ganz beträchtlich von der Spitze zur Insertion hin; sie brechen sämmtlich dicht über der letzteren ab. Andere Haare, deren Wandung im Haupttheil ziemlich gleichmässig dick und fast parallel, cylindrisch ist, wie bei *Callicoma*, *Thibaudia*, *Tilia*, müssen an der Insertion abbrechen; denn nach leicht erweislichen mechanischen Sätzen steht bei solchen die Grösse der in den verschiedenen Querschnitten wirkenden Kraft in geradem Verhältnisse zur Entfernung von ihrem Ansatzpunkte, während der Widerstand gegen das Abbrechen, da wir die Querschnittsflächen gleich

¹⁾ l. c. p. 249.

gedacht haben, überall derselbe ist. In der That erfolgt, wie wir im besonderen Theile sahen, der Abbruch bei den Genannten an der Insertion. Die Spitze des Haares hat hier freilich eine nahezu kegelförmige Gestalt und würde dem Abbruche leichter ausgesetzt sein, wenn hier nicht in allen Fällen der Beobachtung eine Verstärkung der Wand vorhanden wäre. Bei den Haaren von *Ficus* befindet sich der schwächste Theil zwischen der ausgefüllten Spitze und der basalen Verschmelzung, ohne definirbare Lage. Dem entsprechend sind die Rudimente von wechselnder Grösse, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen.

Fast überall, wo wir die Form des Abbruches haben, können wir eine Anhäufung von Pilzen beobachten, welche die Reste der Haare zu zerstören beginnen. Es wird dadurch wohl erklärlich, dass oftmals die verkorkten Theile hier grössere Dimensionen annehmen, als an anderen Stellen der Oberhaut.

Ob der abgeworfene Theil seinen Inhalt einbüsst und Luft führt, oder ob Zellsaft und lebender Plasmaschlauch erhalten bleiben, scheint für den Abwurf wenig von Belang zu sein; denn Beides kommt fast gleich häufig vor. Der bleibende Theil behält seine Lebensfähigkeit in weitaus den meisten Fällen; bei *Hakea* jedoch und einigen Compositen, wo bleibende Theile zartwandig und vom inneren Gewebe abgeschlossen erscheinen, sind sie abgestorben und führen Luft.

3. Ursachen des Abfalles.

Dieser Punkt hat durch Kärner in seiner mehrfach citirten Arbeit eine eingehende Berücksichtigung gefunden. Dies insofern, als er eine grosse Reihe von Möglichkeiten, nicht immer Wahrscheinlichkeiten, mit grossem Aufwande von Phantasie anführt, ohne jedoch durch Thatsächliches die Wirkungsweise der betreffenden Agentien näher zu begrenzen. Es wäre wünschenswerth, wenn die Ausdehnung derselben durch Experimente in grösserem Maassstabe und durch umfangreichere Beobachtungen in freier Natur festgestellt würde, dadurch könnte vielleicht auch ein tieferer Einblick in das ursächliche Verhältniss so mancher verwandten Erscheinungen eröffnet werden. Freilich geht dies über den Umfang und die verwendbare Zeit einer Arbeit

wie der vorliegenden weit hinaus, und ich kann nur mit sehr losem Anschluss an die Kärner'schen Bemerkungen einiges Allgemeine vorbringen.

Der Ursachen des normalen Haarverlustes giebt es zweierlei Art, innere und äussere, oder mechanische. Die letzteren sind zweifellos das alleinige Agens beim Abbruche, während jene dem specifischen Abwurfe reservirt werden müssen. Hierüber einige Worte. Die innersten Vorgänge, welche, intramicellarer Natur, jeder Beobachtung spotten, entziehen sich derzeit der Erklärung ohne das problematische Hilfsmittel von Vermuthungen und Hypothesen vollständig. Wir constatiren nur die Erscheinung, dass eine Spaltung der Lamellen, eine Aufhebung des Zusammenhanges zwischen den Theilen der betreffenden Membran vorliegt, daraus ersichtlich, dass eben der geringste Anstoss, ein mässiger Lufthauch und dergleichen genügt, um die vollständige Trennung herbeizuführen. Von den inneren Kräften, welche da mitwirken, legen mir mehrfache Beobachtungen diejenigen nahe, welche sich als verschiedenes Wachsthum der an einander stossenden Membranen darstellen. Besonders, Falls der Endtheil abgestorben und selbstständiger Vergrösserung unfähig geworden, ist es begreiflich, dass eine zunehmende Ausdehnung der Basis einen Zustand der Spannung herbeiführen muss, der an sich oder durch den geringsten äusseren Einfluss zur Trennung führt. Je nachdem das Wachsthum der Basis dieselbe in die Breite zieht oder ihre Wölbung verstärkt, würden die dadurch entstehenden Kräfte der Oberhaut parallel oder senkrecht zu ihr gerichtet sein.

Eine andere, wahrscheinlich nicht sehr bedeutende Rolle spielen die Einflüsse des Witterungswechsels. Kärner betont die „Sprünge der Temperatur“ sehr stark, ohne jedoch anzugeben, auf welche Weise nach seiner Vorstellung sich ihre Wirkung geltend macht. Ein merklicher directer Einfluss der Wärmeänderung durch bezügliche Verlängerung oder Verkürzung von Membranthteilen ist nicht wohl anzunehmen; eine Berechnung würde Ziffern von verschwindender Kleinheit ergeben. So können wir uns die Einwirkung der Temperatur nur als eine indirecte denken, etwa so, dass sie in Beziehung zu Wachsthumerscheinungen oder Turgoränderungen stände.

Mit der letzteren Bemerkung kommen wir zu einer dritten Möglichkeit, dass nämlich der zunehmende Turgor der Basalzelle oder auch gleichzeitig der abzulösenden, wenn diese noch lebend ist, eine Abrundung herbei-

führte und durch diese die Trennung veranlasste, und in der That liegt diese Anschauung nicht fern, wenn man z. B. das Bild der abstossenden und der abgestossenen Haarsegmente bei *Nuphar* betrachtet; beide haben reichlichen lebenden Inhalt und kehren einander nach der Lösung kugelrunde Flächen zu. Denkbar ist dieser Vorgang aber eigentlich nur, wo, wie hier, relativ dünne Wandungen vorliegen.

Was die äusseren Ursachen betrifft, so kann ich mich kurz fassen, um so mehr, da eigene Beobachtungen von Bedeutung hierüber nicht vorhanden sind. Eigenthümlich ist ihnen, dass sie unregelmässig und intermittirend sind und nur in einigen Fällen mit etwas mehr Pünktlichkeit und Accuratesse zur Wirkung kommen. Die nächstliegenden sind: Auffallen und Anstossen benachbarter Pflanzentheile, directe Wirkung des Windes, Regen, Insecten und andere Thiere. Die gegenseitige Stellung und die Beweglichkeit der Organe ist sicherlich nicht ohne Bedeutung für die grössere Wahrscheinlichkeit einer Reibung an einander auch bei leichterem Einwirkung durch die Luftströmungen.

4. Bedeutung des Haarverlustes für die Pflanze.

So lange in der Frage nach der Bedeutung der Behaarung überhaupt noch so manche Unklarheit herrscht und noch so viele widersprechende Ansichten existiren, mache ich mich nicht anheischig, über die Bedeutung des Haarverlustes, physiologisch als Lebensprocess aufgefasst, ein irgendwie abschliessendes Urtheil zu fällen. Einige Anhaltspunkte jedoch zur Beurtheilung beider Momente dürften meine Resultate wohl liefern.

Es ist mir nicht zweifelhaft, dass die Erklärung nicht allein von dem Gesichtspunkte ausgehen darf, dass die Function der betreffenden Trichome ihren Abschluss erreicht hat, so dass der Enthaarungsvorgang nur einem Preisgeben werthlos gewordener Organe gleichzusetzen wäre. Allerdings ist diese Seite eine nothwendige Bedingung zum Eintreten unserer Erscheinungen und in diesem Sinne möchte ich sie die negative Seite der Frage nennen. Welchen Dienst die Haare auch geleistet haben mögen, ob sie nun, wie es wohl meist anzunehmen, die jungen zarten Organe vor unvermeidlichem

Druck und Reibung zu schützen, ob sie ihre Vertheidigung gegen irgend welche fremden Organismen zu führen hatten, ob sie eine schützende Decke gegen den Temperatur- und Feuchtigkeitswechsel zu bilden, oder ob sie den directen Contact mit feuchten Niederschlägen zu verhindern, andererseits aber eine Wasseraufnahme aus denselben zu besorgen, oder endlich, ob sie die Intensität der Beleuchtung zu mildern hatten: in allen diesen Fällen, welche sich im Einzelnen nicht immer leicht nachweisen lassen, haben sie ausgedient, ehe sie der Vernichtung anheimfallen. Dieser Satz liesse sich wohl aus natürlichen Principien, die anderwärts erfahrungsmässig gewonnen worden, a priori ableiten, wir können ihm aber auch in Beobachtungen eine Grundlage geben.

War die Function der Haare offenbar eine die Schutzleistungen der Oberhaut unterstützende, richtiger ersetzende, so tritt kein Haarschwund ein, bevor die Oberhaut eine entsprechende Stärke erlangt hat. Die Theile der Pflanze, welche noch eine starke Oberflächenvergrösserung vor sich haben, vertragen keinen Ueberzug von sehr verstärkten Membranen, die einem bedeutenderen Flächenwachsthum im Wege stehen würden. Hiermit, d. h. mit der naturgemässen Schutzlosigkeit der unentwickelten Organe, steht, meiner Ansicht nach, bei vorhandenem Schutzbedürfniss in weitaus den meisten Fällen das Auftreten der Haarbekleidung in Verbindung, hiermit stimmt es auch überein, dass, wenn bei weiterer Flächenvergrösserung der Organe und gleichzeitiger Stärkung ihres Hautsystemes die Haare aus einander rücken und der Ueberzug sich lockert, mit wenigen Ausnahmen eine Neubildung von Haaren unterbleibt.

Nicht immer jedoch hat die Behaarung die Aufgabe, der Epidermis ergänzend zur Seite zu gehen, manchmal sind ihr besondere Leistungen vorbehalten. Ich habe an den hier untersuchten Pflanzen vor Allem in der Wasseraufnahme aus den Niederschlägen eine häufig vorkommende Function später abfallenden Haarfilzes gefunden und auch hier die Bemerkung gemacht, dass er, wenn er verloren geht, was nur oberseits eintritt, nicht mehr den Werth für die Pflanze besitzt wie vordem. Dann sind nämlich epidermale oder hypodermale Schichten als „Wassergewebe“ zur Ausbildung gelangt, geschützt durch eine stark entwickelte Oberhaut, die Wasseraufnahme durch die Blätter ist unnöthig geworden. Als Beispiele nenne ich *Berkleya*,

Brachyglottis, *Pittosporum*; bei ersterer erreicht das wasserspeichernde Gewebe einen solchen Umfang, dass es einen fast dreifach so grossen Theil des Querschnittes einnimmt, als die übrigen Gewebesysteme.

Eine positive Bedeutung des Haarverlustes dürfte von vornherein durch die Betrachtung nahegelegt werden, dass zu seiner Herbeiführung ziemlich umfangreiche Einrichtungen getroffen werden, wie sie zur blossen Entfernung nutzloser, nicht auch schädlicher oder irgendwie hinderlicher Glieder in der Natur fast niemals beobachtet werden. Aber ich möchte doch auf ein paar Punkte aufmerksam machen, die durch ihr Zusammenwirken zur Erklärung der quästionirten Erscheinungen beitragen könnten. Die Frage liegt da zunächst am Wege, welche der uns bekannten Einflüsse der Behaarung, die der Pflanze an jungen Theilen vielleicht nützlich sind, ihr später zum Nachtheil gereichen können. Die Schutzleistung gegen Druck, die Verminderung von Temperatur-Einflüssen, Abwehr feindlicher Organismen und verwandte Bestimmungen lassen sich schwerlich in schädliche umgewandelt denken. Anders jedoch verhält es sich mit der Abschwächung der Beleuchtung. Es ist sehr wohl vorstellbar, ja wahrscheinlich, dass eine stärkere Lichtwirkung jungen empfindlichen Organen schadet, und hier werden Einrichtungen zu ihrer Verringerung am Platze sein. Für ältere Blätter jedoch, deren Assimilationsthätigkeit auf der Höhe steht, können diese Einrichtungen leichtlich recht ungünstige werden. Es ist ein verschiedener Anspruch an Belichtung bei verschiedenen Pflanzen anzunehmen; nur logisch ist daher der Schluss, dass Pflanzen von grösserem Lichtbedürfniss durch einen wie ein Lichtschirm wirkenden Ueberzug in ihrer Entwicklung gehindert werden. Nun ist es auffallend, wie viele der von mir als haarverlierend gefundenen Pflanzen immergrüne, lederartige Blätter besitzen, deren Assimilationsthätigkeit also eine sehr andauernde und ergiebige ist, und bei welchen das dazu bestimmte Gewebe vielschichtig ist. Ich will mich nur mit der Andeutung des Gedankens begnügen, wie das Innere solcher Blätter durch die darüber liegenden Schichten schon abgedämpftes Licht empfängt. Zudem stehen viele von ihnen mehr oder weniger senkrecht.

Es sei mir gestattet, noch eine andere Reihe von Thatsachen hier zu verwerthen, welche darthun, dass die assimilirende Seite der Blätter in ausserordentlich vielen Fällen jeder Bekleidung entbehrt, wenn auch die Unterseite

dicht behaart ist. Dieses Verhältniss findet nicht etwa darin seine ausreichende Erklärung, dass die Unterseite als Aussenseite Anfangs allerhand Einflüssen am meisten ausgesetzt ist, vielmehr wo auf die morphologische Unterseite des Blattes die Hauptthätigkeit der Assimilation fällt, wie bei den angedrückten und einwärts gebogenen Blättchen mehrerer Passerina-Arten, so *P. hirsuta*, *filiformis*, *ericoides*, da sind nicht nur die Spaltöffnungen, sondern auch die Haare auf die „Oberseite“ beschränkt.¹⁾ Bei anderen folgt die Behaarung gern den farblosen Geweben, welche die Gefässbündelverzweigungen als Elemente des mechanischen Systemes oder in irgend einer anderen Aufgabe begleiten und verschont die chlorophyllreichen assimilirenden Parteen der Oberseite. In der floristischen Litteratur ist dies häufig genug unter dem Ausdruck „Blattnerven oberseits behaart“ und ähnlich zu finden. Die Unterseite ist dann häufig ohne Rücksicht auf die Nervatur zerstreut bekleidet. Das wichtigste Argument jedoch der oben vertretenen Anschauung ist folgendes Resultat meiner Beobachtungen. Alle diejenigen Blätter, bei welchen der Unterschied zwischen Licht- und Schattenseite durch Stellung und anatomischen Bau deutlich ausgeprägt ist, erleiden einen Haarverlust nur auf jener, der belichteten Seite, während er bei den centrisch gebauten Blättern beiderseitig resp. allseitig auftritt.

Eine Ausnahme machen die schwimmenden Blätter von *Nuphar* und *Nymphaea*. Diese nehmen ja eine exceptionelle Stellung in diesen Fragen ein, und bei ihnen muss ein anderes Erklärungsprincip des Haarverlustes Anwendung finden. Sollte es hier vielleicht die starke Oberflächenvergrösserung mit der unerlässlichen Folge einer übermässigen Anhäufung von Algen und anderen Organismen sein, was durch Abwurf der Haare vermieden wird? Doch, ich gestehe es lieber offen, eine befriedigende Deutung ist mir hier nicht eingefallen.

5. Der Zeitpunkt des Haarverlustes.

Das wann? des Haarverlustes steht, wie oben ausgeführt, im engsten Zusammenhange mit dem Ueberflüssiggewordensein der Trichome, d. h. mit der Ausbildung der betreffenden Gewebe, deren Function sie vertreten hatten,

¹⁾ Vergleiche Carnel, Nuovo giornale bot. Italiano. I. p. 194.

der Epidermis oder des Hypoderma. Dieses Stadium ist aber bei verschiedenen Gewächsen ein so verschiedenes und lässt sich so wenig präcis angeben, dass es unmöglich ist, allgemeine Angaben darüber zu machen. Bei manchen Pflanzen, z. B. *Ficus*, *Hakea suaveolens* u. a., werden die Theile gleich nach der Knospenentfaltung kahl, bei den das andere Extrem repräsentirenden, wie *Quercus*, *Tarchonanthus*, *Callicoma* etc., sehen wir bereits neue Sprosse entwickelt, wenn die alten beginnen, ihr Haarkleid abzulegen. Dazwischen sind alle denkbaren Uebergänge vorhanden. In sehr vielen Fällen lässt sich ein Zeitpunkt schon darum nicht bestimmen, weil der Haarverlust hier von allerlei Einflüssen abhängig ist, deren mehr oder weniger gelegentliche Wirkung sich der näheren Verfolgung entzieht. So liegt die Sache z. B. bei den meisten abbrechenden Haaren.

Verschiedenheiten in der Zeit des Haarabfalles machen sich nicht selten bei nahen Verwandten geltend. Als Belag führe ich die *Chenopodium*-Arten an, von deren Haaren Weiss¹⁾ sagt: „Merkwürdig ist . . . , dass sie bei einigen früher abfallen, bei anderen dagegen lange Zeit erhalten bleiben“; nach meinen Beobachtungen gehen die Blätter von *Hakea suaveolens* sehr vorzeitig, die von *H. rosmarinifolia* bedeutend später ihrer Behaarung verlustig.

Eine andere Frage ist die, wann die Vorbereitungen zum Abfall zuerst auftreten, vor Allem die Verkorkungserscheinungen, als die bedeutsamsten und regelmässigsten. Im Allgemeinen zeigen sich dieselben unmittelbar nach der Anlage des Haares, wenn auch Anfangs in geringem Maasse. Die Seitenwände, durch welche keine Diffusion von Nähr- oder Baustoffen stattfindet, sind gewöhnlich viel beträchtlicher angelegt, als die eigentlichen Scheidewände; an diesen ist fast immer bis zum Stadium der definitiven Dicke der äusseren Theile eine weniger verstärkte mittlere Partie vorhanden, die später bald ausgefüllt wird. Uebrigens bin ich zu der Ansicht gekommen, welche ich auch anderwärts vertreten gefunden habe, dass nämlich Korklamellen lebender Zellen durchaus nicht für den nothwendigen Stofftransport undurchdringlich oder schwach permeabel sind.²⁾

¹⁾ l. c. pag. 559.

²⁾ Vgl. Koeppen. Ueber das Verhalten der Rinde unserer Laubblätter während der Thätigkeit des Verdickungsringes. Nova Acta der Kaiserlichen Leopoldinisch-Carolinischen Akademie. Bd. LIII.

Acacia beginnt die Zelltheilungen zur Bildung des Korkgewebes erst an Phyllodien von 6—7 mm Länge; sogleich, nachdem sie in Erscheinung getreten, reagiren die Wände als cutisirt.

6. Der Haarverlust in phylogenetischer Hinsicht.

Ohne mich in Speculationen einlassen zu wollen, bei denen dogmatische Sätze an die Stelle einer soliden Grundlage der Erfahrung treten, möchte ich gern einen Blick auf die Stellung meiner Frage in der Descendenzlehre werfen. Einen ganz flüchtigen Blick; kann doch eine so wenig erschöpfende Behandlung, wie die vorliegende, keine Antwort auf die Frage geben: wie mögen sich die betreffenden Organismen die Fähigkeit, ihre Behaarung oder einen Theil derselben abzustossen, erworben haben?

Es erweitert sich nun der Gesichtskreis, wenn man Folgendes erwägt: War es auch meine eigentliche Aufgabe, nur den normalen Haarverlust zu prüfen, so bestätigten mir doch zahlreiche Beobachtungen, dass auch hier von Natur keine Norm besteht, dass, wo eine solche geschaffen wird, menschliche Auffassung und — Willkür im Spiele ist. Ich habe eine ganze Reihe von Enthaarungsvorgängen gefunden, die unter die normalen zu rechnen ich mich nicht entschliessen konnte, weil ihr Eintreten mir zu wenig allgemein schien. Entweder traten hier die äusseren Ursachen zu unpünktlich auf oder das Abbrechen war erst bei stärkeren Eingriffen möglich, durch Grösse, Membranbeschaffenheit, Stellung oder Anheftungsweise erschwert. Derartige vergleichsweise widerstandsfähigeren Haare habe ich nicht mitbehandelt; ich erkannte sie daran, dass sie bei Berührung mit einem weichen benetzten Pinsel an ihrer Unterlage haften blieben. Einige hierher gehörige Gewächse, so *Trichilia spondioides*, *Gnidia denudata* Lindl., *Brachychilon populneum*, *Myrica Gale* L., *Hibbertia volubilis* u. a. m. boten durch theils schwächere, theils umfassendere Verkorkung ähnliche Vorkehrungen für die Eventualität eines Abbruches dar, wie die beschriebenen.

Mit Berücksichtigung dieser Fälle lässt sich eine aufsteigende Reihe von der einfachen Abschlussvorrichtung beim unregelmässigen Abbruche bis zu relativ complicirten, sorgfältig vorbereiteten und der exacten Durchführung

fähigen Abwurfseinrichtungen übergänglich verfolgen. Die Vorstellung von der Möglichkeit einer solchen stufenweisen Entwicklung dürfte nicht unwesentlich für das Verständniss aller angeführten Erscheinungen sein. Damit mag zugleich ausgesprochen sein, dass die Reihenfolge, in welcher ich die Einzeldarstellung gegeben habe, und ebenso die meiner Typenaufstellung keineswegs ein Bild der natürlichen Entwicklungsfolge giebt. Sie ist nach Rücksichten der Zweckmässigkeit gewählt.

Schluss und Rückblick.

Ein Rückblick auf die gewonnenen Resultate kann uns nicht darüber in Zweifel lassen, dass wir auch von der zur Zeit erreichbaren Einsicht in das Wesen der Behaarungsverhältnisse und ihrer mit so einfachen Mitteln so wichtige Aufgaben erfüllenden Functionen noch sehr weit entfernt sind. Vielleicht wird noch einmal einer der Meister unserer Wissenschaft zu einer erneuten Beschäftigung mit den Trichomen angeregt, welche, in ihrer Gesammtheit, seit der Arbeit von Weiss, 1867, nur durch Anfänger eine Bearbeitung gefunden haben, und zwar eine zu sehr in Einzelheiten sich zersplitternde.

Meine Untersuchung des Haarverlustes könnte etwa zu der Ansicht führen, dass man die Sache auch von dieser negativen Seite her betrachten und dadurch einen Schritt weiter kommen kann.

Die Ergebnisse zusammen zu fassen halte ich hier nicht für dienlich, einerseits, weil zu viele Details mit berücksichtigt werden müssten, und andererseits, weil ich betonen will, dass sie noch des Abschlusses bedürfen. Nur Einiges, was vielleicht zu wenig hervorgetreten ist, möchte ich dadurch, dass ich es hier wiederhole, mehr hervorheben.

Der Verlust der Behaarung steht im engsten Zusammenhange mit der Ausbildung der Gewebe, deren Function sie übernommen hatte. Zu seiner Herbeiführung sind äussere und innere Ursachen thätig, innere mit mehr Regelmässigkeit, äussere mit mehr Zufälligkeit. Assimilationsorgane von längerer Dauer verlieren die Behaarung weit öfter als solche, die nach jeder Vegetationsperiode abgeworfen werden. Bifaciale Blätter werden nur auf der dem Lichte zugekehrten Seite kahl; die Belichtungsfrage scheint von der grössten Bedeutung bei der Erklärung des Haarausfalles zu sein. Ein scharfer Abstand zwischen Abfall und Persistenz von Haaren besteht nicht. Der anatomische Bau spielt eine grosse Rolle beim Modus des Haarverlustes, doch lässt sich daraus nicht mit Sicherheit auf ihren Verlust oder Verbleib schliessen. Nahe Verwandte verhalten sich in diesen Dingen oft verschieden. Bei einzelligen Haaren haben wir immer einen Abbruch. Das Haar in seiner Totalität, als genetische Einheit, geht nie verloren, stets bleibt ein Theil als Rudiment. Die Rudimente sind nie offene, d. h. der Verdunstung oder dem Eindringen feindlicher Organismen freie Bahn lassende Stellen, sondern sie zeigen Verkorkungsverschlüsse, deren Anlage vor dem Abtrennungsprocess stattfindet.

Vorstehende Arbeit wurde in der Zeit vom Herbste 1888 bis zum Frühjahr 1890 unter der Leitung des Herrn Professors Dr. S. Schwendener angefertigt, welchem auch an dieser Stelle aufrichtigen Dank sagen zu dürfen dem Verfasser eine Genugthuung ist. Auch Herrn Professor Dr. Engler und Herrn Privatdocenten Dr. Westermaier fühlt derselbe sich wegen mancher Winke und mancher Unterstützung verpflichtet.

Figuren-Erklärung.

Die meisten Figuren sind bei einer Vergrößerung von 230, Objectiv D Zeiss, gezeichnet.

Ausgenommen sind folgende:

Fig. 1 hat eine Vergrößerung von 30.

Fig. 2 und 3 haben eine Vergrößerung von 100.

Fig. 27c, d und 32 haben eine Vergrößerung von 150.

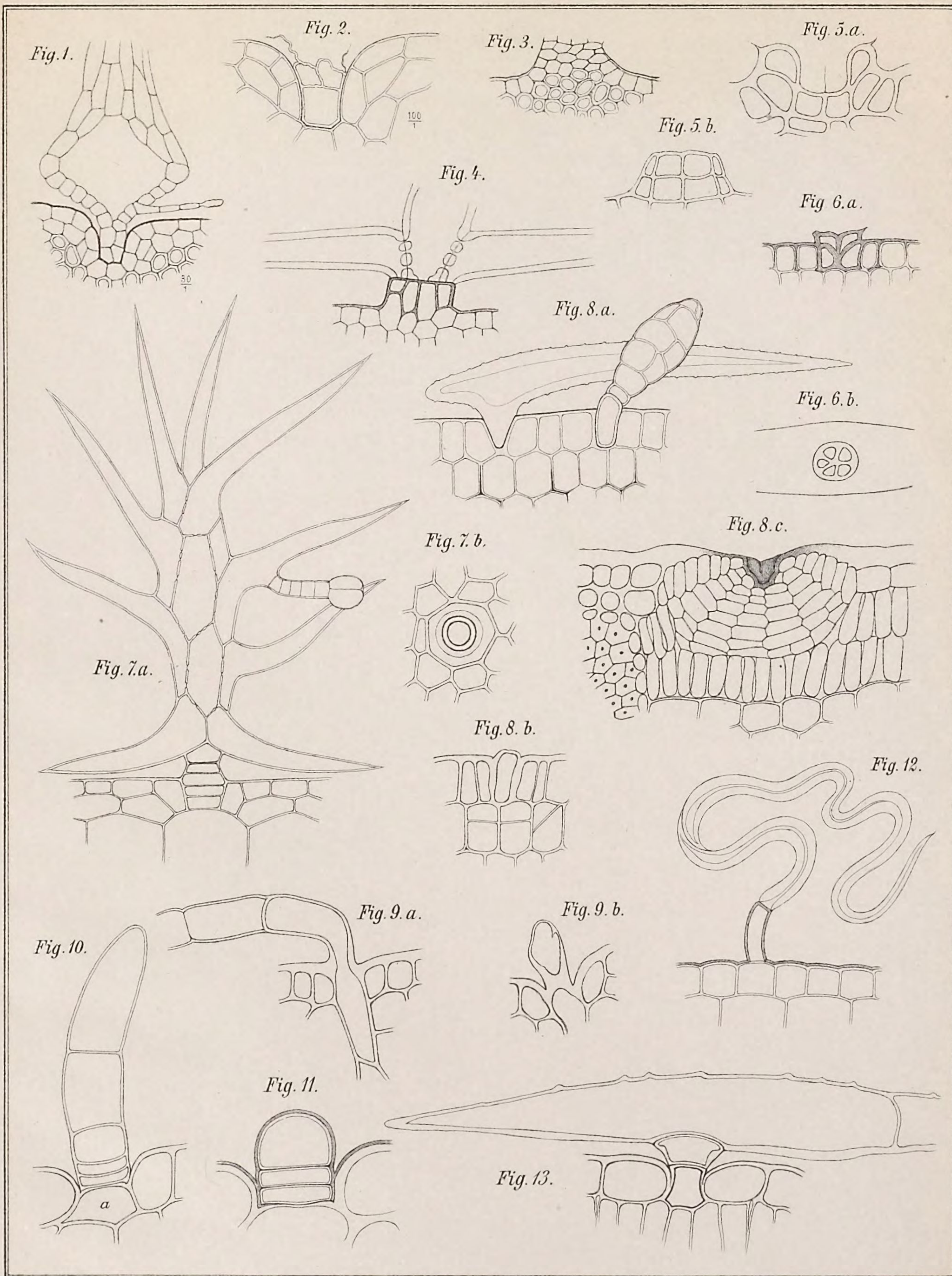
Fig. 8c, 14a, b, 17b, 23a, 26a, b, 27a, b, 28a, b, 30a, b und 35a, b haben eine Vergrößerung von 170.

Fig. 11, 15a und 20a eine solche von 290.

Tabula I.

Tafel 1.

- Fig. 1. *Chrysodium crinitum* Mett. Untere Partie eines der grossen Trichome vom Blattstiel.
- „ 2. *Acrostichum viscosum*. Haarrudiment des Blattstieles.
- „ 3. *Lomaria Gibba*. Haarrudiment des Blattstieles.
- „ 4. *Elacagnus umbellata*. Unterer Theil des Haarbüschels an einem jüngeren Blatte.
- „ 5a. *Quercus Ilex*. Haarrudiment im Durchschnitt.
- „ b. *Quercus Ilex*. Haarrudiment im Aufriss.
- „ 6a. *Vitis Thunbergi*. Rudiment von der Blattoberseite bald nach dem Abwerfen der Endzelle.
- „ b. Mittlerer Theil des Haares derselben Pflanze von oben gesehen.
- „ 7a. *Medinilla farinosa*. Haar der Blattoberseite im Durchschnitt.
- „ b. *Medinilla farinosa*. Rudiment derselben von oben gesehen.
- „ 8a. *Acacia suaveolens*. Haarformen des jungen Phyllodiums (von 3,3 mm Länge).
- „ b. Erstes Auftreten von Zelltheilungen in der Umgebung des Haarfusses derselben Pflanze (Phyll. von 7 mm).
- „ c. *Acacia longifolia*. Haarrudiment mit Korkwall vom älteren Phyllodium.
- „ 9a. *Ficus australis*. Unterer Theil des Gliederhaares.
- „ b. *Ficus australis*. Rudiment desselben.
- „ 10. *Nuphar luteum*. Haar des jungen Blattes (Unterseite).
- „ 11. *Nuphar advena*. Haarrudiment des Blattstieles.
- „ 12. *Berkleya lanceolata*. Haar der Oberseite des jungen Blattes.
- „ 13. *Marsilea elata* wie bei voriger.
-



R. Keller ad nat.

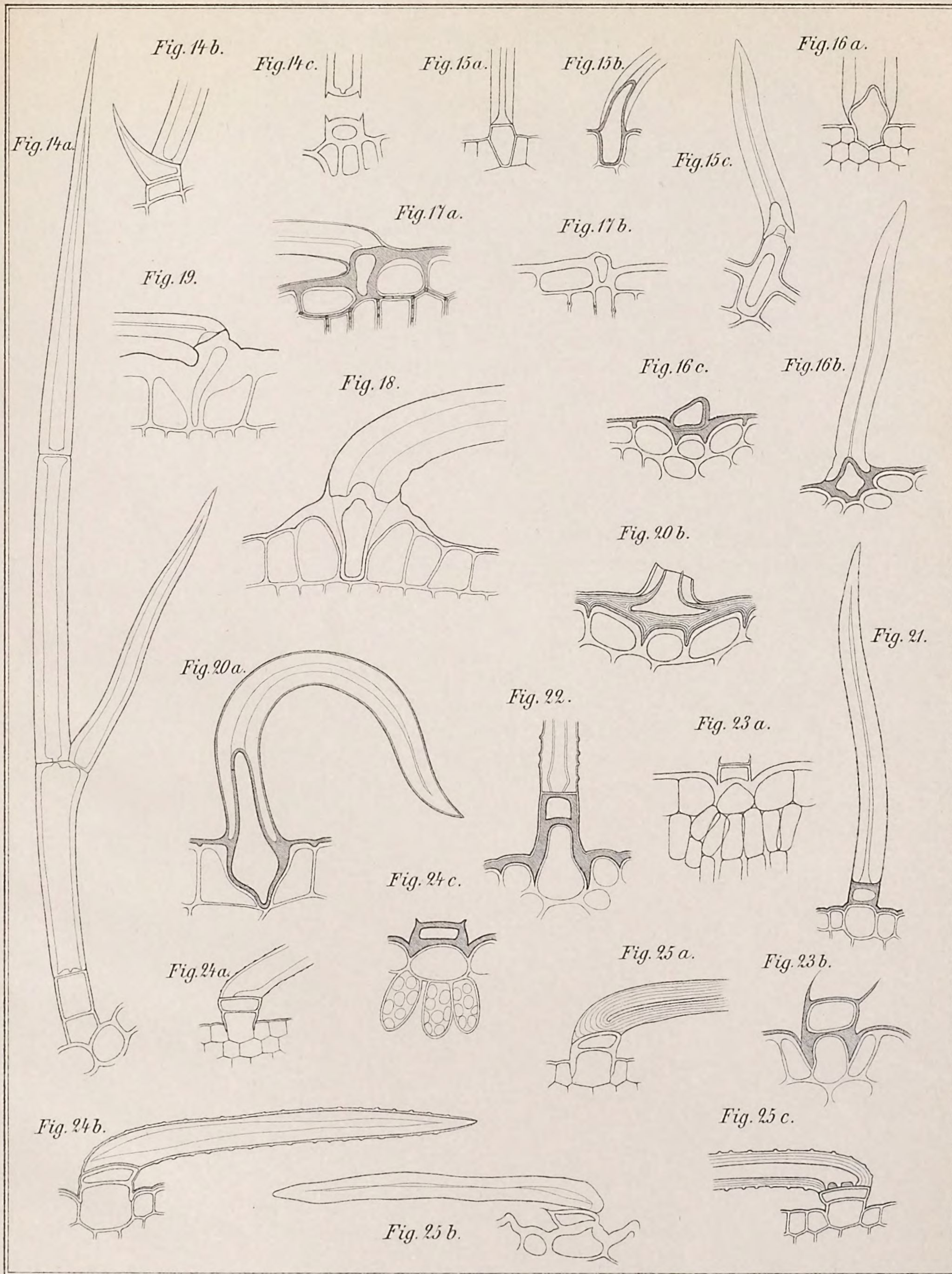
Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig.

R. Keller: Haarverlust an Vegetationsorganen der Gefäßpflanzen. Taf. 1.

Tabula II.

Tafel 2.

- Fig. 14 a. *Platanus orientalis*. Asthaar des jungen Stengeltheiles.
 „ b. *Platanus orientalis*. Ein anderes im unteren Theil.
 „ c. *Platanus orientalis*. Unterer Theil eines älteren Haares nach erfolgter Ablösung.
 „ 15 a. *Bakhusia myrtifolia*. Unterer Theil eines jungen Haares der Blattoberseite.
 „ b. Dasselbe in etwas weiterer Entwicklung.
 „ c. Entwickeltes Haar im Moment der Ablösung bei derselben.
 „ 16 a. *Rhodamnia trinervia*. Wie 15 a.
 „ b. *Rhodamnia trinervia*. Ausgebildetes Haar unter einem Nerven des Blattes.
 „ c. Desselben Rudiment.
 „ 17 a. *Melaleuca squamea*. Wie 15 a.
 „ b. *Melaleuca squamea*. Haarrudiment.
 „ 18. *Calothamnus clavatus*. Wie 15 a.
 „ 19. *Callistemon rigidus*. Wie 15 a.
 „ 20 a. *Metrosideros tomentosa*. Fertiges Haar des Blattes.
 „ b. *Metrosideros tomentosa*. Desselben Rudiment.
 „ 21. *Genista paniculata*. Haar des jungen Stengels.
 „ 22. *Kennedya oblongata*. Unterer Theil eines solchen.
 „ 23 a. *Clianthus australis*. Haarrudiment der Blattoberseite.
 „ b. *Clianthus australis*. Dasselbe des Blattstieles.
 „ 24 a. *Cytisus ramosissimus*. Unterer Theil des Haares einer sehr frühen Blattanlage (von 1,5 mm Länge).
 „ b. Derselben Pflanze eben ausgewachsenes Haar an einem Blatte von ca. 7 mm Länge.
 „ c. Rudiment von älterer Blattoberseite derselben Pflanze.
 „ 25 a. *Brachysema undulatum*. Wie 24 a.
 „ b. *Brachysema undulatum*. Sich ablösendes Trichom des Blattes.
 „ c. *Chorizema cordatum*. Wie 24 a.



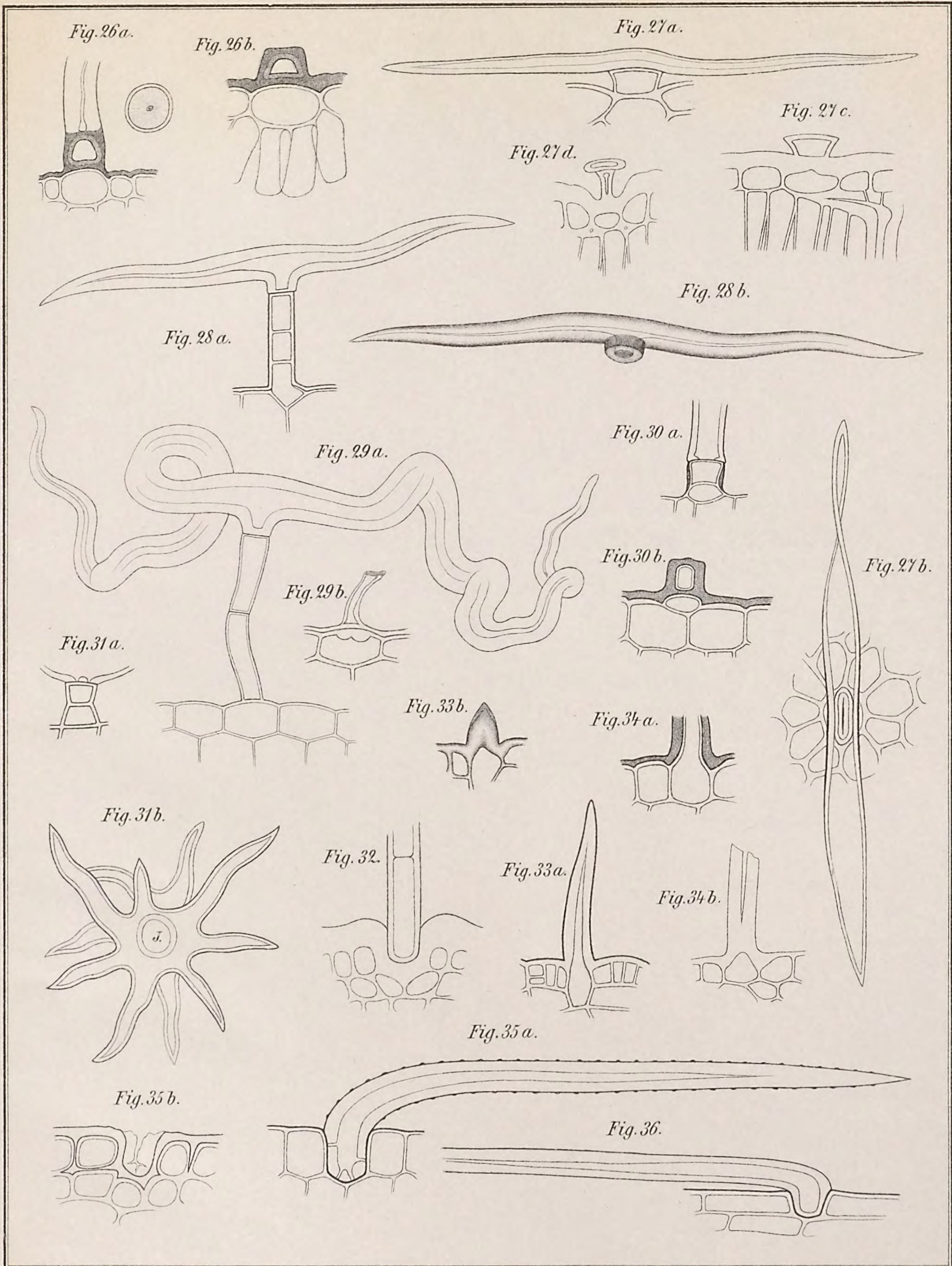
R. Keller ad nat.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig.

Tabula III.

Tafel 3.

- Fig. 26 a. *Leucadendron corymbosum*. Unterer Theil des Haares von einem jungen Blatte nebst Queransicht der Endzelle.
- „ b. Rudiment von der Blattoberseite derselben Pflanze.
- „ 27 a. *Hakea suaveolens*. Haar der jungen Blattanlage.
- „ c. *Hakea suaveolens*. Rudiment am älteren Blatte auf dem Längsschnitte.
- „ d. Dasselbe auf dem Querschnitte.
- „ 27 b. *Hakea suaveolens*. Haar in Flächenansicht am ausgewachsenen Blatte.
- „ 28 a. *Pittosporum crassifolium*. Haar des fertigen Blattes.
- „ b. *Pittosporum crassifolium*. Abgestreifte Endzelle (körperlich).
- „ 29 a. *Brachyglottis repanda*. Haar des ausgebildeten Blattes.
- „ b. Rudiment vom älteren Blatte derselben Pflanze.
- „ 30 a. *Relhania trinervia*. Untere Partie des Haares an der Blattanlage.
- „ b. Desselben Rudiment an älterer Blattoberseite.
- „ 31 a. *Eurybia lyrata*. Haarstiel mit Ansatz der Endzelle an jugendlicher Blattunterseite.
- „ b. Von derselben Pflanze blattoberseits abgelöste Endzelle von unten gesehen.
(J. = Insertionsstelle.)
- „ 32. *Tilia grandifolia*. Unterer Theil des Haares von einem diesjährigen Zweige.
- „ 33 a. *Ficus pertusa*. Borstenhaar der Blattoberseite.
- „ b. *Ficus pertusa*. Aelteres Rudiment desselben.
- „ 34 a. *Ficus australis*. Unterer Theil des Borstenhaares.
- „ b. *Ficus australis*. Abbruchsrudiment desselben.
- „ 35 a. *Callicoma serratifolia*. Haar des jungen Blattes.
- „ b. *Callicoma serratifolia*. Rudiment an einem älteren.
- „ 36. *Fagus silvatica*. Unterer Theil des Haares auf den Blattnerven.



R. Keller ad nat.

Lith. Anst. Julius Klinkhardt, Leipzig.

Thesen.

- 1) Die Dämpfung des Lichtes ist eine Hauptfunction pflanzlicher Behaarung.
 - 2) Die Leitungsbahnen des Wassers sind nicht die Wandungen, sondern die Lumina der leitenden Elemente.
 - 3) Die Immunität durch Impfung wird nach dem heutigen Stande der bacteriologischen Forschung am besten durch die Phagocytentheorie erklärt.
-

Thema

- 1) Die Dampfmaschine ist eine Erfindung, welche die menschliche Arbeit zu ersetzen vermag.
Nennen Sie die Erfindung.
- 2) Die Dampfmaschine ist ein Werkzeug, welches die menschliche Arbeit zu ersetzen vermag.
Nennen Sie die Erfindung.
- 3) Die Dampfmaschine ist ein Werkzeug, welches die menschliche Arbeit zu ersetzen vermag.
Nennen Sie die Erfindung.

Vita.

Natus sum Robertus Keller Eschweileri, quod oppidum prope Aquisgranum est situm, a. d. III. Jd. Jan. a. h. s. LXVI patre Rudolfo matre Bertha e gente Rheinen. Fidei addictus sum evangelicae.

Literarum elementis imbutus gymnasium frequentavi Aquisgranense, quod post octo annos et sex menses cum maturitatis testimonio reliqui a. h. s. LXXXIV. Ordini philosophorum primum Bonnae, deinde officio militari defunctus Lipsiae, tum Berolini adscriptus per decem semestria rerum naturalium imprimis botanices generalis studio me dedi

Doctrina clarorum usus sum virorum quos enumero:

Bastian, Clausius (†), Dilthey, Engler, Kékulé, Lasson, Leuckart, Magnus, Marshall, Paulsen, Schulze, Schwendener, Strasburger, Wiedemann, Wislicenus, Zeller.

Quibus omnibus gratias ago quam maximas, praeter ceteros illustrissimo viro Simoni Schwendener.

J. N. Bogl.



Keller, Robert,

Ueber Erscheinungen des normalen Haarverlustes an Vegetationsorganen der
Gefäßpflanzen Inaug. Diss. d. Univ. Berlin. Separat-Abdr. aus: Nova Acta
der Kais. Leop.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher. Bd. LV

Halle 1890

4 Phyt. 175 y

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11522486-2